

**Yksilöllinen liikunnanohjaus mahdollistaa yleisiä
liikuntasuosituksia tehokkaamman liikuntaintervention
ylipainoisilla ja lihavilla 18-40 -vuotiailla henkilöillä**

Lauri Mansikkaniemi

Lääketieteen kandidaatti

Liikuntalääketieteen yksikkö, Clinicum

Helsingin yliopisto

Helsinki 29.5.2020

Tutkielma

lauri.mansikkaniemi@helsinki.fi

Ohjaaja: Juha Peltonen

Helsingin yliopisto

Lääketieteellinen tiedekunta

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty Lääketieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Liikuntalääketieteen yksikkö, Clincicum	
Tekijä – Författare – Author Lauri Mansikkaniemi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Yksilöllinen liikunnanohjaus mahdollistaa yleisiä liikuntasuosituksia tehokkaamman liikuntaintervention ylipainoisilla ja lihavilla 18-40 -vuotiailla henkilöillä			
Oppiaine – Läroämne – Subject Lääketiede			
Työn laji – Arbetets art – Level Syventävä tutkielma		Aika – Datum – Month and year 29.5.2020	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 39
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Liikkumattomuus ja ylipainoisten määrä ovat lisääntyneet viime vuosikymmeninä, mikä on lisännyt sairastumisriskiä useisiin sairauksiin. Hyvä sydän ja verenkiertoelimistön kunto laskee sairastumisen riskitasoa tehokkaasti ja liikunnan määrän lisäämisellä voidaan saavuttaa merkittäviä terveyshyötyjä. Tässä tutkielmassa selvitetään liikunnanohjauksen syvyyden vaikutusta suorituskykyä kuvaaviin muuttujiin, ja se on osa laajempaa Motivation Makes The Move! -hanketta, jonka tavoitteena on kehittää ylipainoon ja liikkumattomuuteen puuttuva interventio.</p> <p>Tutkimusaineisto (n=42) koostuu 18-40 -vuotiaista huonokuntoisista henkilöistä, jotka on jaettu kolmeen yksilöllisyydeltään eritasoista liikunnanohjausta saavaan ryhmään. Ryhmistä yksi sai yleiset liikuntasuosituksiset, toinen epäsuoraan polkupyöräergometritestiin ja kolmas suoraan testiin perustuvat yksilölliset liikuntaohjeet. Mobiiliterveysteknologiaa hyödynnettiin interventiossa. Koehenkilöille tehtiin laajat terveys- ja kuntoselvitykset intervention alussa ja kolmen kuukauden kohdalla, johon seuranta-aika tämän tutkielman osalta päättyi. Maksimaalisen hapenottokyvyn ja ventilaatiokynnyksien muutoksia intervention aikana verrattiin ryhmittäin ja myös lähtötason vaikutusta muutoksiin analysoitiin useiden eri tilastollisten testien avulla. Lisäksi tutkittiin harjoittelumäärän suhdetta hapenottokykyyn.</p> <p>Kolme kuukautta kestävä itsenäisesti terveysteknologia-avusteisesti toteutettu interventio vaikuttaisi olevan tehokas vain kaikista huonokuntoisimmilla. Yleisillä liikuntasuosituksilla ei saavuteta tehokasta interventiota, vaan se vaatii vähintään epäsuoran polkupyöräergometritestin perusteella tehdyn yksilöllisen liikuntaohjeistuksen. Suoran testin avulla tehokkuus voidaan yletää hyväkuntoisempiin henkilöihin. Hapenottokyvyn nousu tukee myös ventilaatiokynnyksen nousua, mutta ei ole sen edellytys. Viikossa yli 159 minuutin ajan liikkuvilla hapenottokyky nousi neljä kertaa todennäköisemmin kuin muilla.</p> <p>Tutkimus antoi näyttöä yksilöllisen liikuntaintervention tehokkuudesta ja vaadittavasta yksilöllisyyden tasosta. Jatkossa se auttaa vastaavanlaisen liikuntaintervention suuntaamisessa oikealle kohderyhmälle ja tuo konkretiaa vaadittaviin harjoittelumääriin. Tutkimuksen rajoituksiksi muodostuivat melko pieni otoskoko ja muuttujien suuri keskihajonta aineistossa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Cardiorespiratory Fitness; Exercise; Health Promotion; Fitness Trackers			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda/E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Tutkimusprojekti: Motivation Makes The Move! (MoMaMo!)			

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Kirjallisuuskatsaus.....	1
2.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta lyhyesti.....	1
2.1.1 Ventilaatio.....	2
2.1.2 Alveolaarinen diffuusio ja valtimoveren happeutuminen.....	2
2.1.3 Verenkierto.....	3
2.1.4 Diffuusio lihakseen ja soluhengitys.....	4
2.2 VO ₂ max ja sitä rajoittavat tekijät.....	5
2.3 Ventilaatiokynnykset.....	6
2.4 Harjoittelun merkitys.....	7
2.5 Personalisoinnin ja teknologian merkitys harjoittelussa.....	9
3 Tutkimuksen tavoitteet.....	10
4 Tutkimusaineisto ja -menetelmät.....	11
4.1 Koehenkilöt.....	11
4.2 Tutkimuksen kulku.....	12
4.3 Arviointimenetelmät.....	13
4.4 Tilastolliset menetelmät.....	15
5 Tulokset.....	16
5.1 Liikunnanohjauksen syvyyden ja lähtötason vaikutus hapenottokyvyn muutokseen.....	17
5.2 Ventilaatiokynnysten kehittyminen suhteessa intervention syvyyteen ja hapenottokyvyn muutokseen.....	22
5.3 Hapenottokyvyn muutos suhteessa harjoittelumäärään.....	25
6 Pohdinta.....	27
6.1 Liikunnanohjauksen syvyyden ja lähtötason vaikutus hapenottokyvyn muutokseen.....	27

6.2 Ventilaatiokynnysten kehittyminen suhteessa intervention syvyyteen ja hapenottokyvyn muutokseen.....	30
6.3 Hapenottokyvyn muutos suhteessa harjoittelumäärään.....	31
6.4 Johtopäätökset.....	32
Lähdeluettelo.....	33

1 Johdanto

Elintason nousu, elinympäristön ja elintapojen muuttuminen ovat lisänneet ylipainoisten määrää viime vuosikymmeninä (1,2). Ylipaino ja liikkumattomuus lyhentävät elinajanodotetta ja lisäävät monen sairauden, kuten tyypin 2 diabeteksen, rinta- sekä paksusuolensyövän ja sepelvaltimotaudin riskiä (3,1). Sydän- ja verisuonitaudit ovatkin yleisin kuolinsyy Suomessa ja ne aiheuttavat työikäisten kuolemista vajaan puolet (4).

Sydän ja verenkiertoelimistön eli kardiorespiratorisen järjestelmän kuntoa, jota kuvaa maksimaalinen hapenottokyky, käytetään vahvana kuolleisuuden ja sairastumisriskin mittarina (5,6). Liikunta-harjoittelu myös lisää koettua fyysistä ja henkistä hyvinvointia (7,8). Hyvä kardiorespiratorinen kunto laskee kuolleisuuden ja sairastumisen riskitasoa tehokkaammin, kuin pelkkä fyysinen aktiivisuus (9). Liikuntaa onkin painotettu kustannustehokkaaksi sydän- ja verisuonitautien estäjäksi (10,11), mutta ongelmana kuitenkin on, että vain murto-osa väestöstä liikkuu riittävästi (12,13).

Liikunnan määrän ja tehokkuuden lisäämisellä voidaan saavuttaa merkittäviä terveyshyötyjä (14), minkä mahdollisuuksia tässäkin tutkimuksessa selvitetään. Tämä tutkimus kuuluu laajempaan Tekesin/Business Finlandin Terveyttä biteistä -ohjelman Motivation Makes The Move! (MoMaMo!) hankkeeseen (Dnro 575/31/2015, ClinicalTrials.gov Protocol Record TYH2016215), jonka tavoite on kehittää liikkumattomuuteen ja ylipainoon puuttuva, perusterveydenhuollossa käytettävä interventio. Tämän syventävän tutkielman tarkat tavoitteet esitellään ”Tutkimuksen tavoitteet” – osiossa.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta lyhyesti

Hapen kuljetus voidaan jaotella karkeasti neljään pääportaaseen, joita ovat ventilaatio, alveolaarinen diffuusio, verenkierto ja diffuusio kohdesoluun (15). Kohdesolu kuluttaa happea soluhengitykseen, jolla se tuottaa energiaa solun tarpeisiin. Seuraavaksi käsitellään lyhyesti jokaisen vaiheen toimintaa levossa ja rasituksessa, sekä vertaillaan normaalipainoisten ja ylipainoisten vasteiden eroja.

2.1.1 Ventilaatio

Hengityselimistön toiminnassa tärkeässä osassa on ilman pumppaaminen keuhkojen alveoleihin ja sieltä pois, minkä mahdollistaa avoimet hengitystiet, hengityslihakset ja kimmoisa tukiranka. Sisäänhengitystilavuudesta vähennettäessä kuollut tila, eli suurempiin hengitysteihin jäänyt ilma, saadaan laskettua alveoliventilaatio. Alveoliventilaatio kuvaa sitä ilmatilavuutta, joka on käytössä kaasujen vaihtumiseen. Rasituksessa hengityksen kertatilavuus ja hengitysfrekvenssi kasvavat, eli ventilaatio tehostuu, mikä johtaa alveolien happiosapaineen nousuun.

Ylipainoisilla ja lihavilla hengitys levossa sekä rasituksessa on tehottomampaa ja vaatii enemmän töitä, mikä johtuu vähentyneestä hengitysteiden komplianssista, hengityslihasten tehottomuudesta ja ventilaatio-perfuusio-epäsuhdasta. Ventilaatio-perfuusio epäsuhta tarkoittaa joko liiallista veren virtausta alveoliventilaatioon nähden, tai liian suurta ventilaatiota suhteessa verenvirtaukseen. Nämä syyt johtavat hypoksemiaan eli veren vähähappisuuteen, mikä vähentää rasituksensietoa verrattuna normaalipainoisiin. Ylipainon ja lihavuuden vaikutuksia hengitykseen voi vähentää pudottamalla painoa ja harrastamalla liikuntaa. (16)

2.1.2 Alveolaarinen diffuusio ja valtimoveren happeutuminen

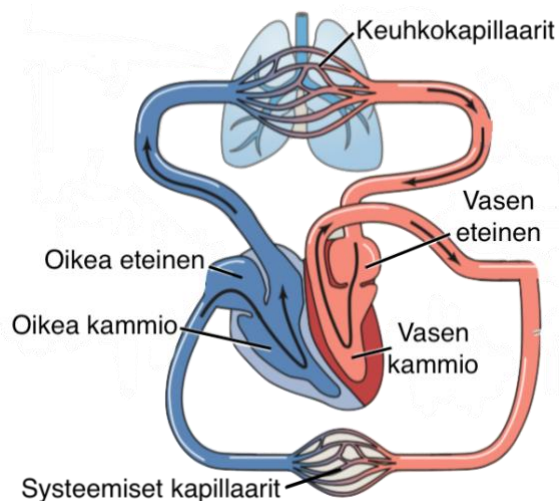
Alveolit muodostavat pinta-alaltaan valtavan, mutta todella ohuen alueen kaasujenvaihdolle keuhkoissa, jossa hengitysilman happi kulkeutuu alveolien ilmatilasta alveoliseinämän läpi hiusverisuonistoon diffuusiolla. Hiilidioksidi kulkeutuu myös diffuusiolla samaa reittiä, mutta päinvastaiseen suuntaan. Levossa happi ja hiilidioksidi ehtivät siirtyä alveoleista kapillaareihin, mutta rasituksessa vaihtoon käytettävä aikaikkuna pienenee keuhkoverenkierron tehostuessa. Normaalikuntoisella henkilöllä ventilaation tehostuminen ja hapen diffuusiokapasiteetin nousu riittävät vastaamaan

veren nopeamman virtauksen vaatimuksiin merenpinnan tasolla, jolloin valtimoveren happikyllästyneisyys pysyy edelleen lepotasolla (17). Erittäin hyväkuntoisilla urheilijoilla voi kuitenkin jo merenpinnan tasolla esiintyä rasituksen aiheuttamaa valtimoveren happipitoisuuden laskua, mikä johtuu muun muassa sydämen minuuttitilavuuden kasvusta, diffuusiorajoittuneisuudesta, riittämättömästä hyperventilaatiosta ja ventilaatio-perfuusio epäsuhdasta (18,19). Veren happisaturaation laskiessa myös $VO_2\text{max}$ laskee (18).

2.1.3 Verenkierto

Veressä on valtava määrä punasoluja, jotka kuljettavat happea kudoksiin ja hiilidioksidia pois kudoksista. Suuri punasolu- tai hemoglobiinimassa nostaa maksimaalista hapenottokykyä ja hyväkuntoisilla henkilöillä ne ovatkin harjoittelun myötä suurempia kuin huonokuntoisilla (20).

Sydän pumppaa ravinne- ja happipitoista verta kaikkialle elimistöön. Verenkiertoelimistön yksinkertaistettu rakenne on esitettyä kuvassa 1.



Kuva 1. Kaavakuva verenkiertoelimistön rakenteesta ja veren virtaussuunnasta. Muokattu lähteestä (21).

Sydämen toimintaa kuvastaa sydämen minuuttitilavuus, joka tarkoittaa sydämen minuutissa pumppaamaa verimäärää. Se lasketaan kertomalla sydämen iskutilavuus sykkeellä ja ilmoitetaan yleensä litroina minuutissa (l/min). Rasituksessa minuuttitilavuus moninkertaistuu sykkeen ja iskutilavuuden kasvaessa. Normaalihenkilöillä kuormituksen kasvaessa syke nousee tasaisesti lähelle maksimia, kun taas iskutilavuus kasvaa alussa nopeasti ja saavuttaa maksimitasonsa jo noin

puolivälissä $VO_2\text{max}$ ista (22). Urheilijoilla iskutilavuus saattaa kuitenkin kasvaa $VO_2\text{max}$:n saavuttamiseen asti, mikä johtuu tehostuneesta diastolisesta täytöstä ja kontraktiilitteetista, pienentyneestä jälkikuormasta, sekä suuremmasta veritilavuudesta (23). Sydämen merkitystä hapenottokyvyn kannalta käsitellään tarkemmin ” $VO_2\text{max}$ ja sitä rajoittavat tekijät” – otsikon alla.

Ylipainoisilla paikallinen verenkierron säätely on häiriintynyt sympaattisen hermoston välittämän vasokonstriktion, sekä tulehduksen ja oksidatiivisen stressin myötä, mikä johtaa muun muassa häiriöihin lihaksen happeutumisessa ja metaboliatuotteiden poistossa (24). Tämä puolestaan voi johtaa $VO_2\text{max}$:n laskuun perifeeristen syiden takia ylipainoisilla henkilöillä, joilla systeeminen hapenjakelu on normaali (25). Muun muassa liikunnan harrastamisella voidaan lieventää lihavuuden vaikutuksia perifeeriseen verenkiertoon, mikä vähentää myös sydän- ja verisuonitauteja (24).

Työtehon muuttuessa kardiorespiratorisella järjestelmällä kestää uusiin olosuhteisiin adaptoitumisessa, joka tarkoittaa muun muassa sykkeen ja ventilaation muuttumista. Huonokuntoisilla tämä viive on pidempi kuin hyväkuntoisilla (26).

2.1.4 Diffuusio lihakseen ja soluhengitys

Hapen saapuessa systeemiin kapillaareihin se siirtyy diffuusion avulla lihassoluille. Hyväkuntoisilla henkilöillä lihaksiin tulee runsaammin verta lisääntyneen hiusverisuonituksen myötä, mikä nostaa hapen diffuusiokapasiteettia ja pidentää hapen ekstraktioon käytettävissä olevaa aikaa huonokuntoisiin verrattuna. Tämä aiheuttaa hapen tehokkaan vapautumisen lihassolun käyttöön.

Soluhengityksessä lihassolu tuottaa ATP:hen sidottua energiaa glykolyysin, sitruunahappokierron ja oksidatiivisen fosforylaation avulla. Kevyen intensiteetin harjoittelussa energia tuotetaan kokonaan soluhengityksellä. Harjoittelun intensiteetin kasvaessa kaikki kudokset eivät enää saa riittävästi happea, joten energiaa aletaan soluhengityksen rinnalla tuottamaan maitohappokäymisen avulla. Vapautuneen energian lisäksi käymisprosessissa syntyy maitohappoa, joka hajoaa laktaatti- ja

vetyioneiksi. Soluhengityksen roolia hapenottokyvyssä käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

2.2 VO₂max ja sitä rajoittavat tekijät

Maksimaalisella hapenottokyvyllä tarkoitetaan hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea ja toimivien lihasten kykyä käyttää sitä energiantuotantoon maksimaalisessa rasituksessa. Sitä voidaan kuvailla absoluuttisena arvona litroina minuutissa (l/min), tai suhteellisena arvona, jolloin absoluuttinen arvo on edelleen suhteutettu kehon painoon (ml/kg/min). (27) Isokokoisilla henkilöillä lihasmassa ja suurempi hapenkulutus aiheuttavat suuremman absoluuttisen VO₂max –arvon, ja pienempikokoisilla arvo jää vastaavasti matalammaksi. Kehon painoon suhteutettu arvo poistaa tämän painon aiheuttaman vaihtelun maksimaalisen hapenottokyvyn arvoon. Ylipainoisilla henkilöillä absoluuttinen arvo suhteutetaan koko kehon painon sijasta rasvattomaan kehon painoon, jotta liikuntasuorituksessa inaktiivinen rasvakudos ei huononna VO₂max arvoa, mikä johtaa ylipainoisten kardiorespiratorisen kunnon aliarviointiin (28, 25).

Rasitustapa vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn: mitä enemmän lihaksia on käytössä, sitä suuremmaksi se kehittyy. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ikä, harjoittelu, sukupuoli ja kehonkoostumus. (27) Maksimaalinen hapenottokyky on erittäin vahva itsenäinen yleistä kuolleisuutta ja tautikohtaista kuolleisuutta määrittävä tekijä (6). Sen käytössä kestävyyskunnan mittarina on muutamia hankaluuksia, joita ovat maksimaalisen suorituksen vaatiminen, motivaatiosta sekä koehenkilön asenteesta riippuminen ja pienten muutosten helposti huomaamatta jääminen (29).

Maksimaalista hapenottokykyä rajoittaa huonokuntoisilla ensisijaisesti metabolinen kapasiteetti, kun taas hyväkuntoisilla hapen kuljetus. Yhtä universaalista maksimaalista hapenottokykyä rajoittavaa tekijää ei ole löydettävissä, vaan se vaihtelee olosuhteiden ja henkilön mukaan. (30,15)

Metabolisella kapasiteetilla tarkoitetaan oksidatiivisen fosforylaation maksimaalista ATP:n tuotantokykyä, jota rajoittaa hapestä riippumattomat substraatit ja/tai entsyymit. Nämä määrittävät maksimaalisen mitokondriaalisen soluhengityksen kapasiteetin. Harjoittelu tehostaa soluhengityksen metaboliakykyä, jolloin maksimaalisen hapenottokyvyn rajoite alkaa siirtymään hapen kuljetuksen puolelle. (30,15)

Hapen kuljetuksella tarkoitetaan kaikkia sen kuljetuksen vaiheita, joissa happi kulkeutuu ilmasta mitokondrioiden sytokromeihin. Kuljetuksen tehokkuuteen voivat vaikuttaa 1) valtimoveren happisaturaatio (ventilaatio, ventilaatio-perfuusio epäsuhta, diffuusiorajoitteet keuhkoissa ja hemoglobiinin happiaffiniteetti), 2) valtimoveren happikonsentraatio (koostuu happisaturaatiosta ja hemoglobiinin konsentraatiosta), 3) veren virtaus lihakseen, 4) hapen luovuttaminen lihakselle. Yhtä yksiselitteistä hapenkuljetusta rajoittavaa tekijää ei voida nostaa esiin. Huippu-urheilijoilla on tavallisiin ihmisiin verrattuna kuitenkin huomattavasti suurempi sydämen huippuminuuttitulavuus, mikä viittaa sen olevan avainasemassa VO_{2max} :n rajoittamisessa. Tämä edellyttää kuitenkin myös korkeaa keuhkojen ja lihaksen diffuusiokapasiteettia, jotta ne eivät muodostu rajoittaviksi tekijöiksi. (30)

2.3 Ventilaatiokynnykset

Kun harjoitellaan ensimmäisen ventilaatiokynnyksen alapuolella, hapenotto ja keuhkoihin päätyvä hiilidioksidi kasvavat samassa suhteessa lineaarisesti vastuksen kasvaessa (31). Kun hapenkuljetuskyky ei enää riitä oksidatiivisen fosforylaation tarpeisiin, alkaa elimistöön kertymään maitohappoa, mikä johtuu lisääntyneestä anaerobisesta energiantuotannosta glykolyysin kautta (32). Maitohappo dissosioituu välittömästi laktaatiksi ja vety-ioniksi (H^+), joka happamoittaa elimistöä. Verenkierron bikarbonaatti-ionit (HCO_3^-) puskuroivat vety-ioneja ja estävät niiden happamoittavaa vaikutusta, minkä seurauksena syntyy hiilidioksidia. Tämä hiilidioksidi näkyy sen lisääntyneenä uloshengityksen pitoisuutena. Tämä hetki, jolloin uloshengityksen hiilidioksidipitoisuus alkaa kasvamaan jyrkemmin suhteessa hapenottoon, on ensimmäinen ventilaatiokynnys ($VT1$). (31)

Toinen ventilaatiokynnys (VT2) saavutetaan silloin, kun hengityksen tihtyminen alkaa kompensoimaan laktaatin aiheuttamaa metabolista asidoosia. Hyperventilaation myötä hengityksen minuuttitilavuus alkaa kasvamaan nopeammin kuin hiilidioksidin tuotto. Ennen toista ventilaatiokynnystä minuuttitilavuus ja hiilidioksidin tuotto kasvavat samassa suhteessa, jolloin CO₂ tuotto kuvastaa elimistössä tapahtuvaa puskurointia. VT2:n ylittyessä hiilidioksidin tuotto ei enää kuvasta elimistön metabolisia tapahtumia. (31) Ventilaatiokynnykset voidaan ilmoittaa kynnystehoina (W), jota käytetään tässä tutkimuksessa.

Ventilaatiokynnyksiä voidaan käyttää aerobisen kunnon mittarina ja harjoittelun intensiteetin määrittämisessä. Korkean intensiteetin harjoittelussa ventilaatiokynnykset kehittyvät tehokkaasti (29). Kovaintensiteettisessä harjoittelussa vammautumisriski on kuitenkin suurentunut ja ongelmaksi muodostuu, että urheilijatkaan eivät kykene harjoittelemaan pääsääntöisesti vain korkean intensiteetin alueella. Tehokas tapa ventilaatiokynnysten kehittämiseen on polarisoitu harjoittelumalli, jossa on runsaasti matalan intensiteetin harjoittelua ja vain alle kymmenesosa harjoitusmäärästä korkean intensiteetin harjoittelua. (33) Pitkään harjoitelleilla urheilijoilla harjoittelu vaikuttaa pääsääntöisesti enemmän ventilaatiokynnysten kehittymiseen maksimaalisen hapenottokyvyn pysyessä samana (34), mikä on kuitenkin myös hyvin vahvasti lajiriippuvaista.

2.4 Harjoittelun merkitys

Fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan luurankolihashen tuottamaa kehon liikettä, joka johtaa energian kulutukseen (35). Fyysinen kunto sen sijaan koostuu taitoon ja terveyteen liittyvästä kunnosta, jotka molemmat voidaan jakaa edelleen alaluokkiin. Eräs terveyteen liittyvän fyysisen kunnon alaluokista on kardiorespiratorinen kunto, jolla tarkoitetaan hengityksen ja verenkierron kykyä kuljettaa ja elimistön kykyä käyttää happea pitkäkestoisen fyysisen aktiivisuuden aikana. (35,30) Kardiorespiratorista kuntoa kuvastaa maksimaalinen hapenottokyky (36).

Termejä fyysinen aktiivisuus ja fyysinen kunto käytetään usein toistensa synonyymeinä, vaikka ne tarkoittavat eri asiaa (30). Kardiovaskulaaritapahtumien suhteellinen riski pienenee lineaarisesti fyysisen aktiivisuuden kasvaessa, mutta riskin väheneminen on huomattavasti suurempaa kardiorespiratorisen kunnon, eli maksimaalisen hapenottokyvyn, kasvaessa (9). Tämä johtuu oletettavasti siitä, että kaikki fyysinen aktiivisuus ei ole tehokasta harjoittelua. Kunnoltaan huonoin neljännes on huomattavasti suuremmassa sydän- ja verisuonitapahtumien riskissä kuin paremmassa kunnossa olevat (9), eli he hyötyvät kunnon parantumisesta eniten.

Kestävyysharjoittelu johtaa muutoksiin kehon metaboliassa, hermo-lihas-, kardiovaskulaarisessa-, ja endokriinisessä järjestelmässä, sekä hengityksessä. Nämä muutokset johtavat parantumiseen aerobista kuntoa kuvaavissa muuttujissa, joita ovat maksimaalinen hapenottokyky, harjoittelun taloudellisuus ja ventilaatiokynnykset. Harjoittelun taloudellisuudella tarkoitetaan hapenkulutuksen määrää tietyllä harjoittelun intensiteetillä; mitä taloudellisempaa harjoittelu on, sitä vähemmän happea kuluu. (37)

Kestävyysharjoittelu ja korkean intensiteetin intervalliharjoittelu molemmat parantavat huomattavasti maksimaalista hapenottokykyä (14). Intervalliharjoittelu on kuitenkin useissa meta-analyyseissa osoittautunut vielä tehokkaammaksi tavaksi maksimaalisen kardiorespiratorisen kunnon ja maksimaalisen hapenottokyvyn kehittämisessä (14,38, 39,40,41,42). Korkean intensiteetin harjoittelu parantaa sydän ja hengityselimistön kuntoa huomattavasti tehokkaammin verrattuna matalamman intensiteetin jatkuvaan harjoitteluun, myös henkilöillä, joilla on krooninen kardiometabolinen sairaus, kuten sepelvaltimotauti (40).

Intervalliharjoittelun kuormittavuuden vuoksi pitkään on ajateltu, että huonokuntoiset, vähän liikkuvat henkilöt vierastavat sitä. Näyttöä on kuitenkin kerääntymässä siitä, että intervalliharjoittelu olisikin nautinnollisempi ja siedetynpi harjoittelutapa, kuin kevyempi pitkäkestoisempi kestävyysharjoittelu. (43) Harjoitusohjelma ei kuitenkaan voi perustua pelkästään korkean intensiteetin harjoitteluun, vaan tehokkaassa

ohjelmassa suurin osa harjoittelusta tehdään edelleen matalalla intensiteetillä ja korkean intensiteetin harjoitteita on vain pieni osa (33).

Aineistoa tarkastellaan tässä tutkimuksessa kuitenkin myös ventilaatiokynnysten paranemisen kannalta siltä varalta, että maksimaalista hapenottokykyä parhaiten nostava korkean intensiteetin harjoittelu on jäänyt koehenkilöiltä tekemättä.

Maksimisykkeen ja leposykkeen erotusta kutsutaan sydämen sykereserviksi (engl. heart rate reserve, HRR), jonka avulla voidaan määritellä harjoitteluintensiteetti sykkeen avulla. HRR lasketaan kertomalla sydämen sykereservi halutulla intensiteettitasolla, johon lisätään leposyke (Karvosen kaava) (44). Huonokuntoisille harjoitteluintensiteetin pitäisi olla 40-85% sykereservistä ja keskiverrossa kunnossa oleville 50-85% (45). Sykereservistä voidaan arvioida edelleen hapenkulutuksen reservi (VO_2R), joka on yhteismitallinen sykereservin kanssa (46). Näin ollen harjoittelun intensiteetin ollessa esimerkiksi 40% sykereservistä, on hapenkulutus myös 40% hapenkulutuksen reservistä.

2.5 Personalisoinnin ja teknologian merkitys harjoittelussa

Yleiset liikuntasuositukset eivät ota huomioon eri henkilöiden erilaisia tarpeita harjoittelun suhteen, kuten lähtötasoa tai perussairauksia, joten liikuntaohjelman yksilöllistämiseksi on tarvetta. Yksilöllistämällä eli personalisoinnilla tarkoitetaan prosessia, jolla harjoitteluohjelmasta muokataan jokaiselle henkilökohtainen ottaen huomioon henkilön kyvyt, ominaisuudet ja mieltymykset. Palautteen antaminen edistymisen pohjalta on myös mahdollista. Yksilöllistetyt liikuntainterventiot ovat osoittautuneet tehokkaammiksi liikunta-aktiivisuuden kasvattamisessa kuin yleisiin ohjeisiin perustuvat interventiot. Älyteknologiaa käytetään oleellisena osana yksilöllistetyn liikuntaohjelman luonnissa, sillä kyselyjen lisäksi tietoja henkilöstä kerätään puhelimen ja siinä olevien sovellusten avulla, aktiivisuusmittareilla ja kunnonseurantalaitteilla. (47)

Omaseuranta on osoittautunut tehokkaaksi tekniikaksi liikunta-aktiivisuuden lisäämisessä (48) ja puettavat aktiivisuusmittarit voivatkin lisätä fyysistä aktiivisuutta

sekä aikuisväestössä (49), että nuorilla (50). Älypuhelimien terveys- ja fitness-sovelluksilla voidaan myös saada positiivisia vaikutuksia liikunta-aktiivisuuteen, ja useamman sovelluksen samanaikainen käyttö näyttäisi johtavan parempiin tuloksiin (51). Tavoitteen asettaminen ja palautteen antaminen tukee liikunnallista aktiivisuutta ylipainoisilla lapsilla ja nuorilla (52) ja teknologian käytöstä painonpudotusohjelmissa on myös saatu positiivista näyttöä, joskin siitä saatava hyöty tulee parhaiten esille alle puolen vuoden interventioissa (53). Koehenkilöt voivat myös raportoida itse toteutuneet liikuntamääränsä, missä merkittävänä riskinä on kuitenkin liikuntamäärien yliarviointi (54).

Yksilöllistetyn liikuntaintervention tärkeimpiä osia ovat tavoitteiden yksilöllisyys, aloituskynnyksen laskeminen siirtymällä vähitellen lyhyen aikavälin tavoitteista pidemmän tähtäimen tavoitteisiin, kannustusviestit, laadukkaiden aktiivisuudenseurantalaitteiden käyttö, omaseurannan ja valmennuksen yhdistäminen ja kasvatusten annetut ohjeet intervention aikana. Käytettävyyden ja interventiossa mukana pysymisen kannalta oleellisin tekijä oli yksilöllisyys (55).

3 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä syventävässä tutkielmassa selvitetään parantaako yksilöllinen tai erittäin yksilöllinen liikunnanohjaus maksimaalista hapenottokykyä ja maksimaalista suorituskkyä ylipainoisilla henkilöillä verrattuna ryhmään, joka saa vain yleiset liikuntasuosituksat.

Tutkimuskysymys 1: Vaikuttaako ohjauksen syvyys hapenottokvyn muutokseen, ja onko lähtötasolla merkitystä?

Hypoteesi 1: Syvempi ohjaus edesauttaa hapenottokvyn kehittymistä. Heikommalta lähtötasolta aloittavilla maksimaalisen hapenottokvyn kehitys on suurempaa, kuin jo valmiiksi hyväkuntoisemmillä.

Tutkimuskysymys 2: Paranevatko ventilaatiokynnykset yhtäläisesti kaikissa ryhmissä, ja onko hapenottokyvyn nousu edellytys myös ventilaatiokynnysten paranemiselle?

Hypoteesi 2: Ventilaatiokynnykset nousevat eniten yksilöllisessä ohjauksessa, eikä niiden nousu edellytä maksimaalisen hapenottokyvyn nousua.

Tutkimuskysymys 3: Onko aineistosta määriteltävissä tiettyä viikoittaisen harjoittelun määrää, joka määrittelee hapenottokyvyn kehityksen suunnan?

Hypoteesi 3: Aineistosta on löydettävissä tietty liikunnan määrä, joka määrittelee kasvaako vai heikentyykö maksimaalinen hapenottokyky.

4 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tämä syventävä tutkielma kuuluu laajempaan Motivation Makes the Move! -hankkeeseen (Dnro 575/31/2015), joka on osa Tekesin/Business Finlandin Terveystä biteistä -ohjelmaa. MoMaMo! on vuonna 2016 käynnistetty projekti, joka tähtää parempaan ymmärrykseen huonojen elintapojen ja liikkumattomuuden syistä, sekä seurauksista. Tavoitteena on kehittää uusia, motivoivia ja saavutettavissa olevia keinoja tukemaan elämäntapamuutosta. Hankkeella on hyväksyntä Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta ja se on rekisteröity ClinicalTrials.gov sivustolla (ClinicalTrials.gov Protocol Record TYH2016215).

4.1 Koehenkilöt

Koehenkilöitä rekrytoitiin tutkimukseen useista eri väylistä, joita olivat työterveyshuolto, julkinen terveydenhuolto, Diakonia ammattikorkeakoulun opiskelijat ja Terveystalon Oma terveys 24/7 – sovellus. Tutkittavien tuli täyttää sisäänottokriteerit, joita olivat:

- ikä 18-40 vuotta
- BMI vähintään 27,5
- soveltuvuus liikuntaharjoitteluun ja fyysisiin kuormituskokeisiin

- vähän tai ei lainkaan liikuntaa

Poissulkevia kriteerejä olivat:

- invaliditeetti
- päihteiden tai lääkkeiden väärinkäyttö
- raskaus ja imetys
- neurologiset ja mielenterveyden häiriöt
- keskushermostoon ja insuliinitasapainoon vaikuttavat lääkitykset
- tupakointi, nuuskan tai muiden tupakkatuotteiden käyttö
- vakava anemia
- voimassa oleva vankeusrangaistus

4.2 Tutkimuksen kulku

MoMaMo! -hankkeessa suoritetaan mittauksia 0kk, 3kk ja 12kk kohdalla, joista tässä tutkimuksessa analysoidaan alun ja kolmen kuukauden mittausten tuloksia. Koehenkilöt jaettiin satunnaisesti kolmeen ryhmään, joista osa sai yksilöllisen interventio-ohjeistuksen ja osa yleiset liikunta- ja ravintosuositukset. Tämän tutkielman aineisto on muodostettu 3.6.2019 mennessä tehdyistä mittauksista. Mittaukset suoritettiin Helsingin Urheilulääkäriasemalla, lukuun ottamatta verikokeita. Tutkimusaineiston keräys jatkui myös tämän tutkimuksen aikana ja sen jälkeen.

Ryhmään 1 kuuluvilta otettiin intervention alussa verikokeita, mitattiin kehonkoostumus ja tehtiin autonomisen hermoston tutkimus. He myös täyttivät erilaisia kyselylomakkeita, heille suoritettiin lääkärintarkastus ja he suorittivat maksimaalisen suoran polkupyöräergometritestin. Mittausten jälkeen he saivat pelkistetyn mittauspalautteen ja yleiset liikuntasuositukset, jotka oli kuitenkin pyritty verhoamaan yksilöllisempään muotoon tutkimusharjojen välttämiseksi. Ryhmien 2 ja 3 koehenkilöt suorittivat samat mittaukset, mutta lisäksi heille järjestettiin intervention aloituspalaveri, jossa käytiin läpi mittausten tulokset ja luotiin yksilöllinen interventiosuunnitelma. Ryhmä 3 sai yksilöllistetyn liikuntaohjeistuksen suoran

polkupyöraergometritestin perusteella ja ryhmä 2 sen sijaan epäsuoran polkupyöraergometritestin perusteella. Epäsuoralla testillä pystytään arvioimaan maksimaalista hapenottoa ilman uupumukseen asti polkemista. Epäsuora testi on edullisempi, helpompi ja perusterveydenhuollossa toteuttamiskelpoisempi kuin suora, minkä takia sen käyttökelpoisuudesta liikuntaohjeiden määrittelemisessä haluttiin lisätietoa. Ryhmän kaksi koehenkilöt suorittivat myös suoran testin, jotta saatiin tässäkin tutkimuksessa käytetyt tarkat arvot heidän hapenkulutuksestaan.

Ryhmä 1	Yleiset liikuntasuositukset
Ryhmä 2	Yksilölliset liikuntasuositukset epäsuoran polkupyöraergometritestin perusteella*
Ryhmä 3	Yksilölliset liikuntasuositukset suoran polkupyöraergometritestin perusteella

Taulukko 1. Ryhmien erot liikunnanohjauksen syvyydessä.

*Tutkimuksessa ryhmää vertailtu suoran testin arvojen perusteella.

4.3 Arviointimenetelmät

Koehenkilöitä mitattiin erittäin monipuolisesti yksilöllisen suunnitelman luomisen ja MoMaMo!:n monialaisuuden vuoksi.

Kehonkoostumus

Kehonkoostumus mitattiin InBody720-laitteella (Biospace Co., Ltd., Soul, Etelä-Korea, jonka toiminta perustuu bioimpedanssimenetelmään. Raajojen läpi johdetaan heikkoa sähkövirtaa, jonka johtavuuden perusteella kehosta lasketaan eri tunnuslukuja. Tässä tutkimuksessa mukana on rasvaprosentti, jonka avulla on laskettu kehon rasvaton massa (FFM).

Liikunta-aktiivisuus

Tutkimuksen alkuperäinen tarkoitus oli analysoida hapenottoa kehityksen yhteyttä objektiivisesti aktiivisuudenseurantalaitteilla saatuun harjoitteludataan. Objektiivista dataa ei kuitenkaan saatu käyttökelpoisessa muodossa analysoitavaksi tutkimusta varten, joten liikuntamäärät ovat subjektiivisia. Harjoitusmäärät ovat peräisin Helsingin

urheilulääkäriaseman liikunnan esitiedot kyselystä, jonka tutkittavat täyttivät lääkärintarkastusta varten intervention alussa ja kolmen kuukauden kohdalla. Hapenottokyvyn kehitystä verrattiin liikunnan kokonaismäärään viikossa, sekä erikseen verkkaiseen, ripeään ja rasittavaan liikuntaan.

Fyysinen suorituskky ja maksimaalinen hapenottokyky

Fyysisen suoritus- ja hapenottokyvyn mittausta tehtiin portaittain nousevan polkupyöräergometritestin (CPET) avulla. Pyörää (Monark Ergomedic 839E; Monark Exercise AB, Vansbro, Ruotsi) poljettiin uupumukseen asti. Elimistön vasteita mitattiin viiden minuutin levon, viiden minuutin vastuksettoman polkemisen (teho 6W), kolmen minuutin portaittain nousevan rasituksen (miehille 40W ja naisille 30W portaat) ja viiden minuutin istumapalautuksen aikana. Fyysinen suorituskky määriteltiin suurimpana saavutettuna työtehona (W, W/kg). Testiä edeltävinä päivinä ei saanut harrastaa raskasta liikuntaa, eikä testipäivänä saanut syödä raskasta ateriaa. Orastava sairaus myös esti testiin osallistumisen. Testin aikana koehenkilöön oli kiinnitetty runsaasti mittalaitteita, jotka mittasivat muun muassa sykevälivaihtelua, sydämen minuuttitilavuutta, kudosten happeutumista ja hemoglobiinin happisaturaatiota. Ennen testiä ja testin jälkeen mitattiin verensokeritasot. Itse fyysinen suoritus kesti noin puoli tuntia ja koko tutkimus noin kolme.

Keuhkotuuletus ja alveolaarinen kaasujenvaihdunta mitattiin hengityskaasuanalysointilaitteella (Oxycon Pro; CareFusion Corp., Höchberg, Saksa), minkä perusteella koehenkilöille määriteltiin absoluuttinen maksimaalinen hapenottokyky (l/min), suhteellinen hapenottokyky (ml/min/kg) ja hapenottokyky suhteutettuna kehon rasvattomaan massaan (ml/kg·FFM/min). Tutkimusmenetelmät ovat rutiinikäytössä tässä laboratorioissa. Tässä tutkimuksessa maksimaalista hapenottokykyä vertaillaan nimenomaan kehon rasvattomaan massaan suhteutettuna, millä pyritään kohdentamaan mielenkiinto liikunnan aikana aktiiviseen rasvattomaan kudokseen.

Maksimaalinen hapenottokyky on myös mahdollista ilmoittaa kuntoluokkana. MoMaMo! -hankkeessa on käytetty muunneltua versiota Schwartzin ja Reiboldin (1990) kehittämästä kuntoluokituksesta, jossa jokainen henkilö luokitellaan luokkiin 1-7; yksi

on huono ja seitsemän erinomainen. Ikä ja sukupuoli on otettu huomioon, eli naisille ja miehille, sekä eri ikäisille on omat viitearvonsa. Tutkittavien huonokuntoisuuden vuoksi jakautuminen eri luokkiin oli epätasaista, joten MoMaMo!:n koehenkilöt jaettiin vain kahteen luokkaan: ”kuntoluokka 1” ja ”kuntoluokka 2 tai parempi”. Tutkimuskysymyksessä 1 käytetään sekä MoMaMo!:n suppeampaa kuntoluokitusta, että alkuperäistä Schwartzin ja Reiboldin laajempaa kuntoluokitusta.

Muut arviointimenetelmät

Taustamuuttujien huomioimiseksi tehtiin taustatietokysely, jossa vastattiin muun muassa ikää, siviilisäätystä, lasten määrää ja ylintä koulutusta koskeviin kysymyksiin. Polkupyöräergometritestin ja intervention suunnittelua varten koehenkilöt täyttivät myös Helsingin urheilulääkäriaseman liikunnan esitiedot -kyselyn.

4.4 Tilastolliset menetelmät

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä muuttujille laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat tutkimuksen alussa ja kolmen kuukauden kohdalla ja erojen tilastollista merkitsevyyttä verrattiin kahden riippuvan otoksen T-testillä. Muuttujia olivat rasvattomaan painoon suhteutettu hapenottokyky, painoon suhteutettu hapenottokyky, paino ja rasvaton paino. Ryhmien kaksi ja kolme ensimmäiseen kuntoluokkaan kuuluneiden koehenkilöiden välinen vertailu tehtiin Mann-Whitneyn U-testillä. Useampien eri ryhmien tai kuntoluokkien samanaikaiseen vertailuun käytettiin Kruskal-Wallis testia.

Toisen tutkimuskysymyksen osalta ventilaatiokynnysten kehittymistä ryhmissä analysoitiin keskiarvon, keskihajonnan ja kahden riippuvan otoksen T-testillä lasketun tilastollisen merkitsevyyden avulla. Hapenottokyvyn ja ventilaatiokynnysten kehityksen välistä riippuvuutta arvioitiin Spearmanin korrelaatiokertoimilla.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä liikunnan ja hapenottokyvyn kehityksen yhteyttä analysoitiin pistekaavioilla, joihin sovitettiin trendiä kuvaava käyrä LOESS menetelmällä (Kernel: Epanechnikov). Tilastollista merkitsevyyttä testattiin Khiin neliötestillä, jolloin

liikunnan määrä ja hapenottokyvyn muutos koodattiin binäärisiksi muuttujiksi seuraavasti:

Suhteellinen hapenottokyvyn muutos

- 0 = hapenottokyky laski tai pysyi samana
- 1 = hapenottokyky nousi

Kaikki viikoittainen liikunta yhteensä

- 0 = liikunnan määrä alle tai tasan 159 min
- 1 = liikunnan määrä yli 159 min

Ripeä liikunta viikossa

- 0 = liikunnan määrä alle tai tasan 63 min
- 1 = liikunnan määrä yli 63 min

Yhteenlasketun viikoittaisen liikunnan määrän osalta laskettiin logistisella regressiolla yli 159 minuuttia viikossa liikkuville ja alle 159 minuuttia viikossa liikkuville hapenottokyvyn muutoksen vetosuhde.

Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS -tilasto-ohjelmalla (PASW Statistics 25.0, SPSS Inc. Chigago, IL, USA). Taulukot on piirretty Microsoft Excelillä (Microsoft Excel for Mac 16.33, Microsoft Corporation, Redmond, WA) ja kuvat Microsoft Wordillä (Microsoft Word for Mac 16.32, Microsoft Corporation, Redmond, WA), sekä jo mainitulla SPSS -ohjelmalla.

5 Tulokset

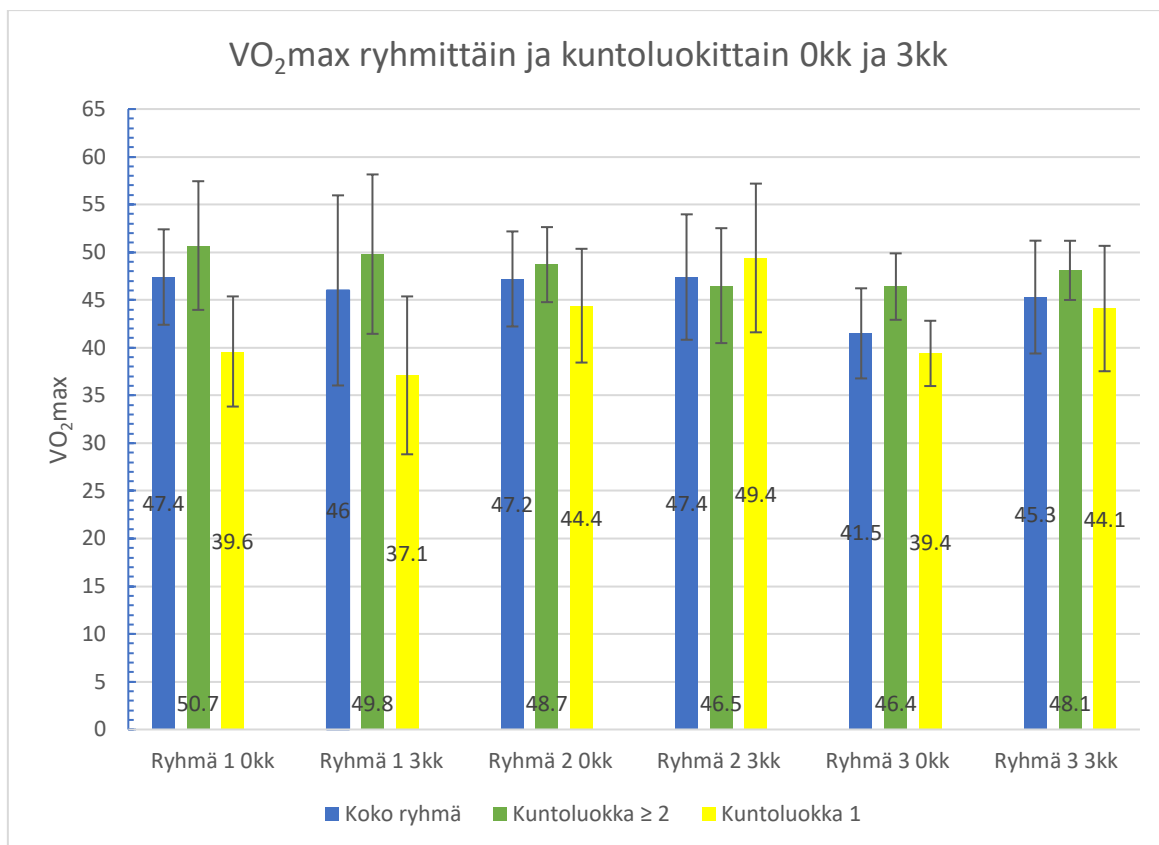
Tulokset käsitellään tutkimuskysymyskohtaisesti omien otsikkojensa alla. Taulukossa 2 on esitetty aineistoa kuvailevia tunnuslukuja. Jatkuville muuttujille on laskettu keskiarvo, keskihajonta ja suurin, sekä pienin arvo.

	Koko aineisto	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	keskiarvo	keskihajonta	minimi	maksimi
Koehenkilöiden määrä	42	11	18	13				
Miehiä	20	5	12	5				
Naisia	22	6	6	7				
Kuntoluokkaan 1 kuuluvat	19	4	6	9				
Kuntoluokkaan ≥ 2 kuuluvat	23	7	12	4				
Koko aineiston Okk arvoista lasketut								
ikä (vuosi)					33.8	4.6	24.2	40.2
pituus (cm)					172.4	9.7	150.4	195.3
paino (kg)					100.2	17.1	65.4	136.2
painoindeksi					33.6	4.6	45.5	27.2
Rasva%					38.9	7.3	37.9	51.3
Rasvaton paino (kg)					61.1	11.7	36.9	83.7

Taulukko 2. Kuntoluokkaan ≥ 2 kuuluvista suurin osa (12) kuului kuntoluokkaan kaksi. Kuntoluokkaan kolme kuului 9 koehenkilöä ja kuntoluokkaan neljä kaksi koehenkilöä.

5.1 Liikunnanohjauksen syvyyden ja lähtötason vaikutus hapenottokyvyn muutokseen

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä verrattiin erityisesti rasvattomaan painoon suhteutetun hapenottokyvyn kehitystä eri ryhmien välillä, mutta myös painoon suhteutetun hapenottokyvyn, painon ja rasvattoman painon muutoksiin intervention aikana kiinnitettiin huomiota. Huonoimmassa kunnossa olevien (kuntoluokka 1) kehitystä verrattiin hieman paremmassa kunnossa (kuntoluokka ≥ 2) oleviin, millä pyrittiin selvittämään lähtötason merkitystä liikuntaintervention tehokkuudessa. Vertailuun otettiin mukaan myös koehenkilöiden alkuperäisen lähteen mukaisesti jaotellut kuntoluokat, millä lähtötason merkitystä saatiin kartoitettua tarkemmin. Koehenkilöiden kuntoluokituksen muuttumista intervention aikana on myös tarkasteltu. Tulokset ovat esitettynä kuvissa 2-4 ja taulukoissa 3 ja 4. Aineiston koko tässä tutkimuksen osassa on 41, sillä ryhmästä 1 on jätetty pois yksi huonoimpaan kuntoluokkaan kuulunut koehenkilö, jolta puuttuu kehonkoostumusmittaus.



Kuva 2. Hapenottokyvyn (ml/kg·FFM/min) muuttuminen kolmen kuukauden intervention aikana.

	$\Delta\text{VO}_2\text{max}$ (ml/kg·FFM/min)			$\Delta\text{VO}_2\text{max}$ (ml/kg/min)			Δpaino (kg)			$\Delta\text{FFM paino}$ (kg)		
Koko aineisto	0,95	±5,5	p= 0,273	1,1	±3,5	p=0,057	-1,2	±3,8	p=0,052	0,32	±2,3	p=0,376
Koko aineiston kuntoluokka 1	3,6	±4,9	p= 0,006	2,5	±3,0	p=0,003	-2,0	±4,4	p=0,074	-0,18	±2,1	p=0,723
Koko aineiston kuntoluokka ≥ 2	-1,1	±5,1	p= 0,292	-0,05	±3,5	p=0,941	-0,56	±3,2	p=0,409	0,70	±2,3	p=0,1863
Ryhmä 1: kokonaan	-1,4	±4,2	p=0,308	-0,51	±3,3	p=0,641	0,05	±4,1	p=0,972	0,18	±1,4	p=0,694
Ryhmä 1: kuntoluokka 1	-2,5	±3,0	p=0,282	-1,6	±1,8	p=0,261	2,4	±4,5	p=0,453	0,61	±1,3	p=0,493
Ryhmä 1: kuntoluokka ≥ 2	-0,96	±4,7	p=0,611	-0,05	±3,9	p=0,972	-0,97	±3,8	p=0,527	-0,01	±1,5	p=0,986
Ryhmä 2: kokonaan	0,20	±6,0	p=0,889	0,52	±3,6	p=0,548	-0,72	±2,4	p=0,220	0,64	±2,0	p=0,188
Ryhmä 2: kuntoluokka 1	5,0	±4,6	p=0,044	3,5	±3,0	p=0,035	-2,2	±2,8	p=0,101	0,23	±1,1	p=0,616
Ryhmä 2: kuntoluokka ≥ 2	-2,2	±5,2	p=0,171	-0,96	±3,0	p=0,289	0,04	±1,9	p=0,939	0,85	±2,3	p=0,234
Ryhmä 3: kokonaan	3,8	±4,7	p=0,012	3,0	±2,7	p=0,001	-2,8	±4,7	p=0,058	-0,03	±3,1	p=0,969
Ryhmä 3: kuntoluokka 1	4,8	±4,3	p=0,010	3,2	±2,4	p=0,004	-3,3	±4,7	p=0,072	-0,72	±2,8	p=0,461
Ryhmä 3: kuntoluokka ≥ 2	1,7	±5,5	p=0,578	2,7	±3,6	p=0,235	-1,7	±5,3	p=0,581	1,5	±3,7	p=0,473

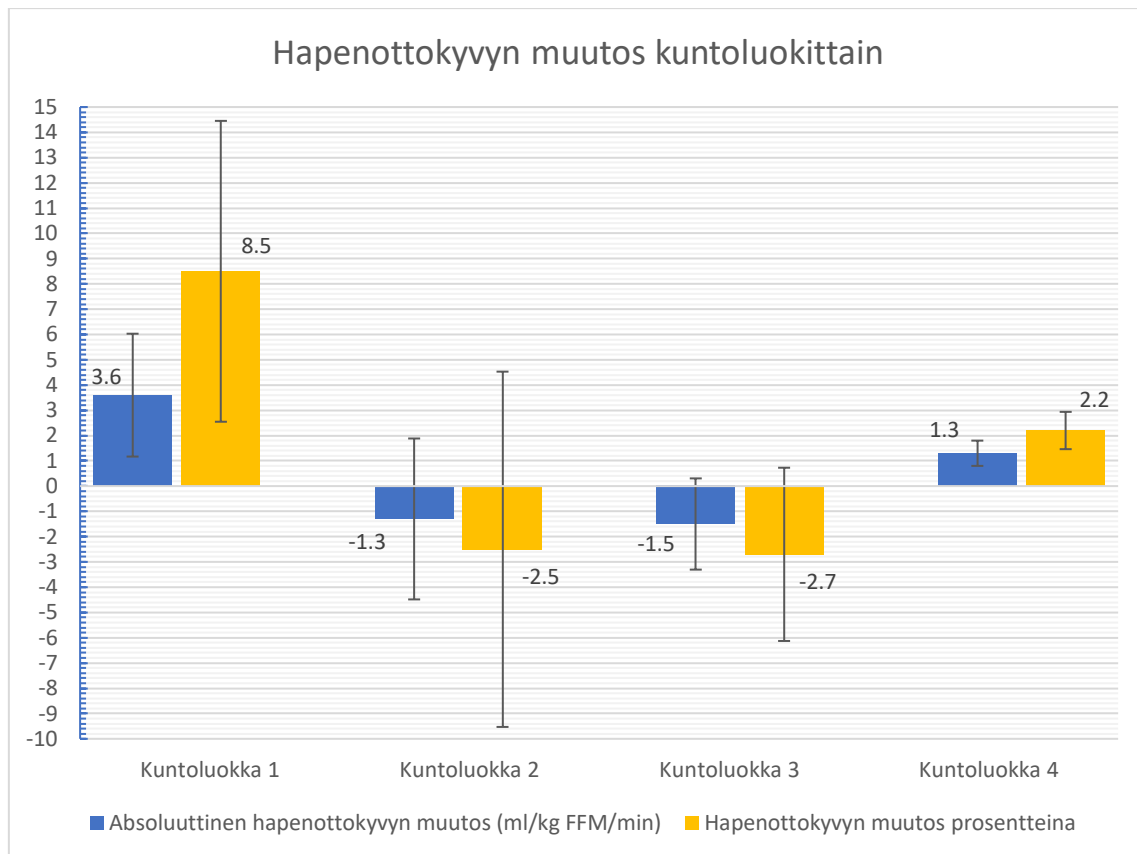
Taulukko 3. Maksimaalisen hapenottokyvyn muutos rasvattomaan painoon ja kokonaispainoon suhteutettuna, paino, sekä rasvaton paino ja muuttujien keskihajonnat. Tulokset esitettynä kuntoluokka huomioiden koko aineistossa ja ryhmissä erikseen. Tilastollisesti merkitsevät tulokset korostettuna.

	% Δ VO ₂ max (ml/kg·FFM/min)	% Δ VO ₂ max (ml/kg/min)	% Δ VO ₂ max (l/min)	% Δ paino (kg)	% Δ FFM paino (kg)
Koko aineisto	2,1	3,8	2,6	-1,2	0,52
Koko aineiston kuntoluokka 1	8,8	10,7	8,4	-1,8	-0,29
Koko aineiston kuntoluokka ≥ 2	-2,3	-0,17	-1,2%	-0,59	1,2

Taulukko 4. Maksimaalista hapenottokykyä kuvaavien ja painoa kuvaavien muuttujien prosentuaalinen muutos intervention aikana koko aineistossa.

Ryhmissä kaksi ja kolme huonokuntoisilla rasvattomaan painoon suhteutettu hapenottokyky oli noussut tilastollisesti merkitsevästi lähes saman verran. Tämä pieni kehityksen ero ei ollut tilastollisesti merkittävä ($p=0,814$). Vertailtaessa kaikkia kolmea ryhmää samanaikaisesti rasvattomaan painoon suhteutetun hapenottokyvyn kehityksen erot jäivät täpärästi tilastollisesti merkityksettömiksi ($p=0,064$).

Lähtötason merkitystä intervention tehokkuudessa selvitettiin vielä tarkemmin. Kuvassa 3 aineiston kaikkien koehenkilöiden absoluuttista ja suhteellista hapenottokyvyn muutosta analysoitiin kuntoluokittain, jotka perustuvat alkuperäiseen Schwartzin ja Reiboldin (1990) kuntoluokitukseen muunnellun MoMaMo! -luokituksen sijaan.



Kuva 3: Hapenottokyvyn muutos absoluuttisena ja prosentuaalisena arvona kuntoluokittain jaoteltuna. Kuvassa näkyvissä myös keskihajonnat. Ensimmäiseen kuntoluokkaan kuului 18 koehenkilöä, toiseen 12, kolmanteen 9 ja neljanteen kaksi koehenkilöä. Kuntoluokkiin 5-7 ei kuulunut yhtään koehenkilöä. Keskihajonnat kuntoluokkien hapenottokyvyn muutoksissa: Kuntoluokka 1 absoluuttinen $\pm 4,9$ ja prosentuaalinen $\pm 11,9$. Kuntoluokka 2 absoluuttinen $\pm 6,4$ ja prosentuaalinen $\pm 14,1$. Kuntoluokka 3 absoluuttinen $\pm 3,6$ ja prosentuaalinen $\pm 6,9$. Kuntoluokka 4 absoluuttinen $\pm 1,0$ ja prosentuaalinen $\pm 1,5$.

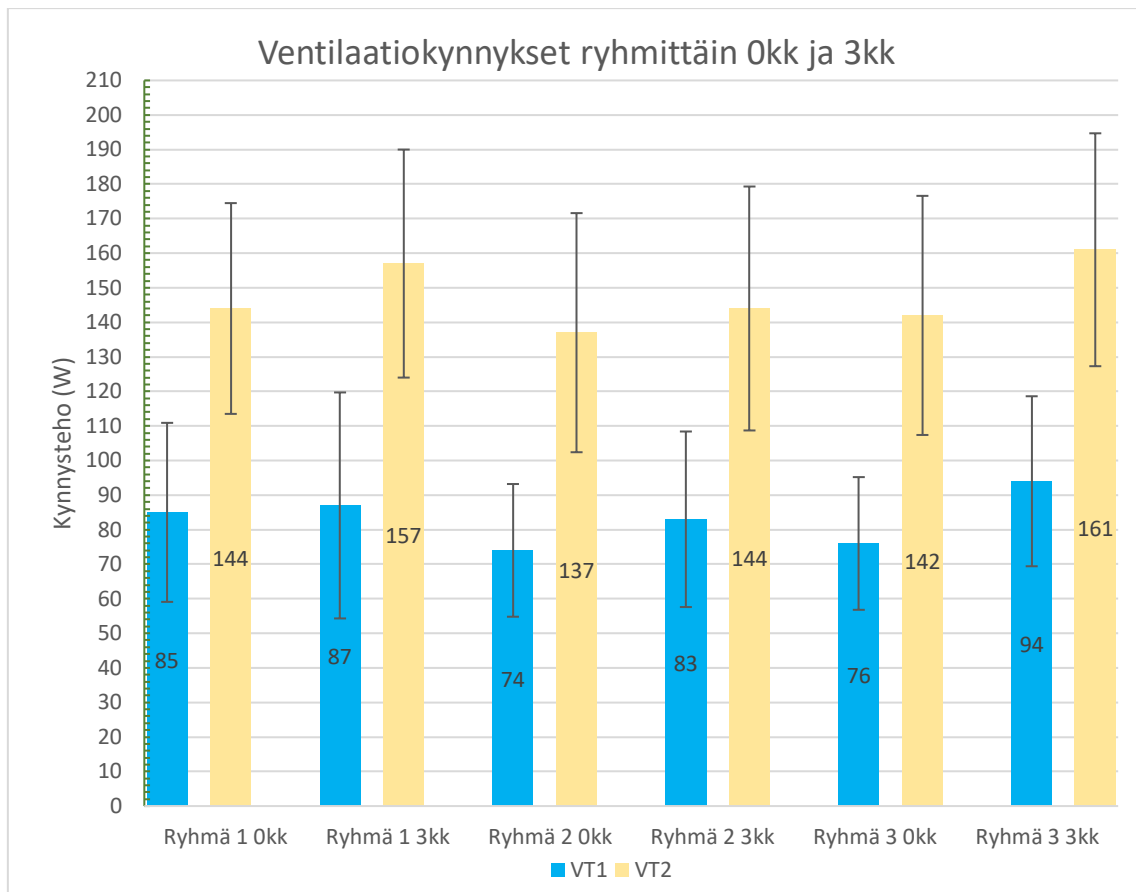
Koehenkilön alkuperäisen luokituksen mukainen kuntoluokka vaikutti tilastollisesti merkittävästi ($p=0,049$) absoluuttisen hapenottokyvyn kehitykseen; kuntoluokassa 1 kehitys oli huomattavasti muita kuntoluokkia parempaa. Suhteellisen hapenottokyvyn osalta hapenottokyvyn kehitys jäi niukasti tilastollisesti merkityksettömäksi ($p=0,057$). Koehenkilöiden kuntoluokitus muuttui intervention aikana taulukon 5 mukaisesti.

Kuntoluokka	Nousu seuraavaan kuntoluokkaan	Tippuminen alempaan kuntoluokkaan	Suurempi kuin yhden kuntoluokan muutos
1	7	0	1 noussut kaksi kuntoluokkaa
2	1	6	2 noussut kaksi kuntoluokkaa
3	2	2	0
4	1	0	0

Taulukko 5: Koehenkilöiden kuntoluokituksen muutokset intervention aikana. Muutos perustuu vain hapenottokyvyn muuttumiseen, ei vanhenemisen aiheuttamaan mahdolliseen viitearvojen vaihtumiseen.

5.2 Ventilaatiokynnysten kehittyminen suhteessa intervention syvyyteen ja hapenottokyvyn muutokseen

Toisessa tutkimuskysymyksessä vertaillaan ventilaatiokynnysten kehitystä eri ryhmissä kynnystehojen (W) avulla, sekä selvitetään onko maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen edellytys ventilaatiokynnysten kehittymiselle. Tulokset kuvissa 4 ja 5, sekä taulukossa 6. Tässä tutkimuksen osassa aineiston koko on 41 koehenkilöä, sillä ryhmästä yksi on jätetty pois kuntoluokkaan neljä kuulunut koehenkilö, jolta puuttuu ventilaatiokynnysten arvot.



Kuva 4. Kaikkien ryhmien ventilaatiokynnykset kohosivat kolmen kuukauden aikana.

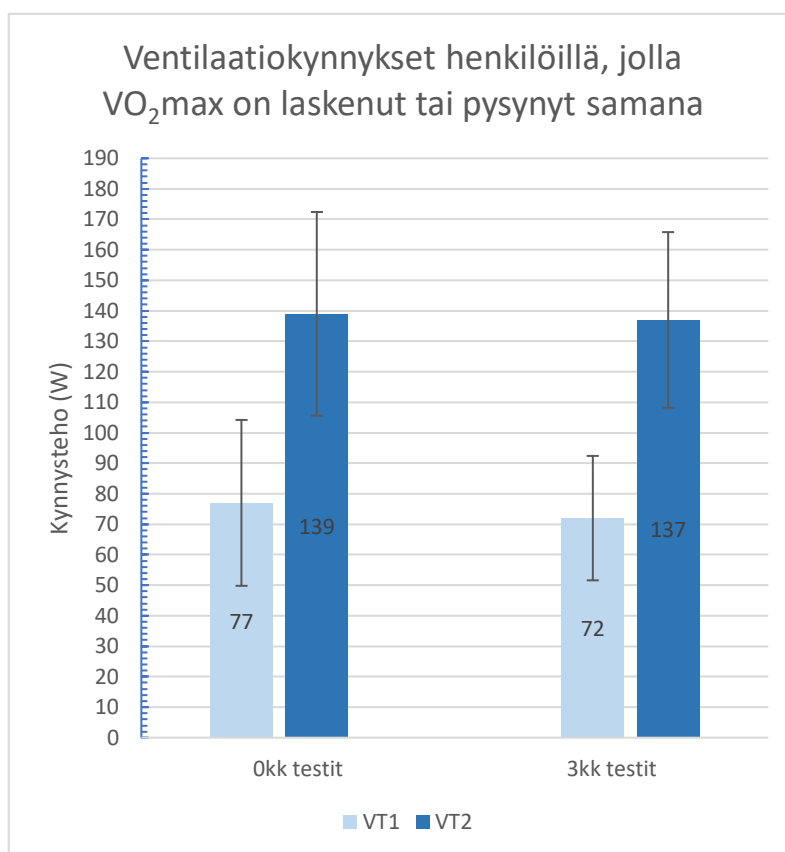
	VT1			VT2		
Koko aineisto	10	±22	p= 0,004	12	±20	p= 0,000
Ryhmä 1	2	±21	p= 0,773	13	±22	p= 0,094
Ryhmä 2	9	±21	p= 0,094	7	±21	p= 0,184
Ryhmä 3	19	±21	p= 0,010	19	±15	p= 0,001

Taulukko 6. Ventilaatiokynnysten keskimääräinen kehitys (W) ja keskihajonta ryhmittäin. Tilastollisesti merkitsevät tulokset korostettuna. Taulukosta nähdään, että intervention aikana koko aineistossa sekä ryhmässä 3 molemmat ventilaatiokynnykset paranivat merkitsevästi.

Tutkimuskysymyksessä 2 selvitettiin myös, onko hapenottokyvyn kehittyminen edellytys ventilaatiokynnysten kehittymiselle. Hapenottokyvyn muutoksen ja ensimmäisen ventilaatiokynnyksen Spearmanin korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,52 ($p=0,001$), mikä viittaa vahvaan korrelaatioon. Hapenottokyvyn muutoksen ja toisen

ventilaatiokynnyksen korrelaatiokerroin oli 0,47 ($p=0,002$), mikä viittaa hieman heikompaan, mutta silti merkittävään korrelaatioon.

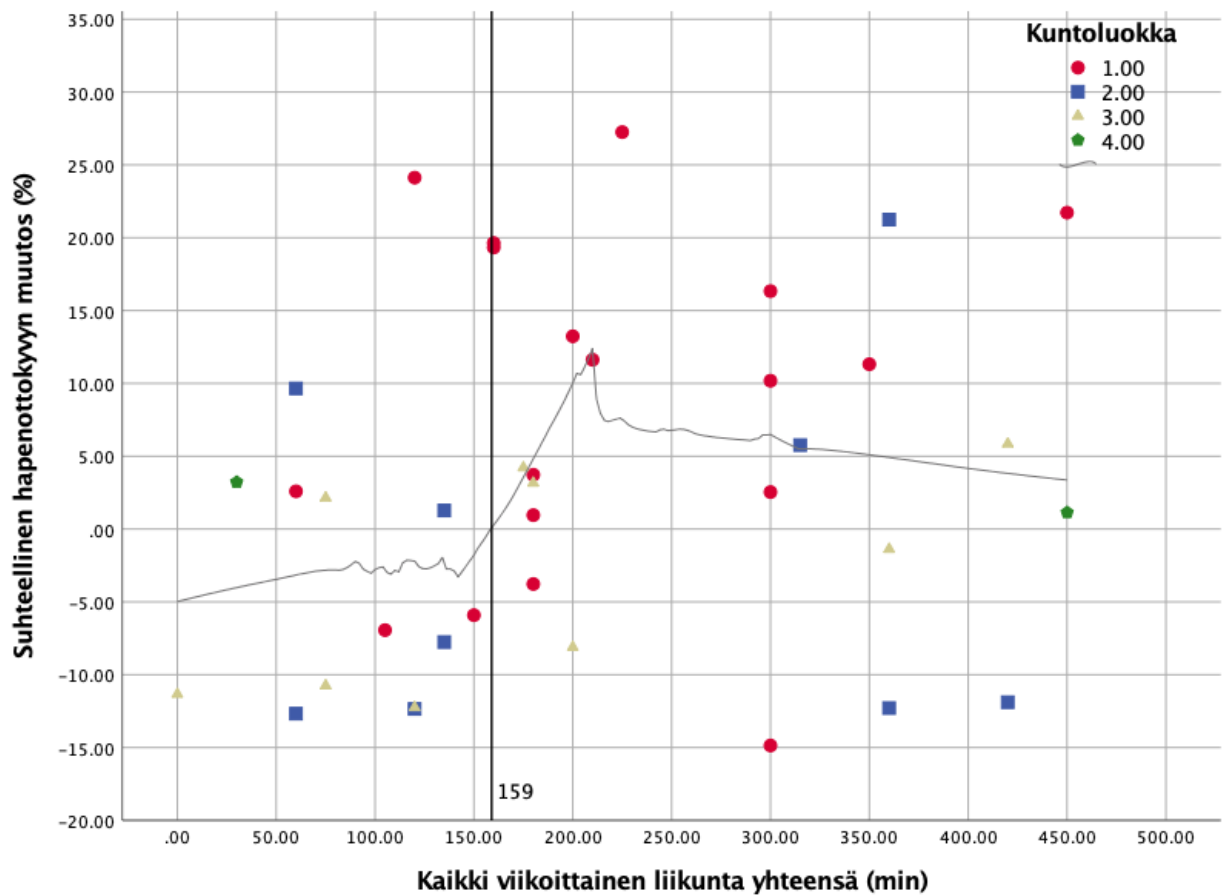
Aineistossa oli 16 koehenkilöä, joilla $VO_2\text{max}$ oli pysynyt samana tai laskenut. Näiden koehenkilöiden ventilaatiokynnyksiä verrattiin hapenottokykyään nostaneisiin koehenkilöihin. Hapenottokyvyn lasku tai samana pysyminen aiheutti keskimäärin ensimmäisessä ventilaatiokynnyksessä 4W ($\pm 15\text{W}$, $p=0,298$) ja toisessa ventilaatiokynnyksessä 2W ($\pm 20\text{W}$, $p=0,729$) tilastollisesti merkityksettömän laskun. Aineistossa oli kahdeksan henkilöä, joiden maksimaalinen hapenottokyky oli laskenut, mutta molemmat ventilaatiokynnykset nousseet, tai toinen noussut ja toinen pysynyt samana.



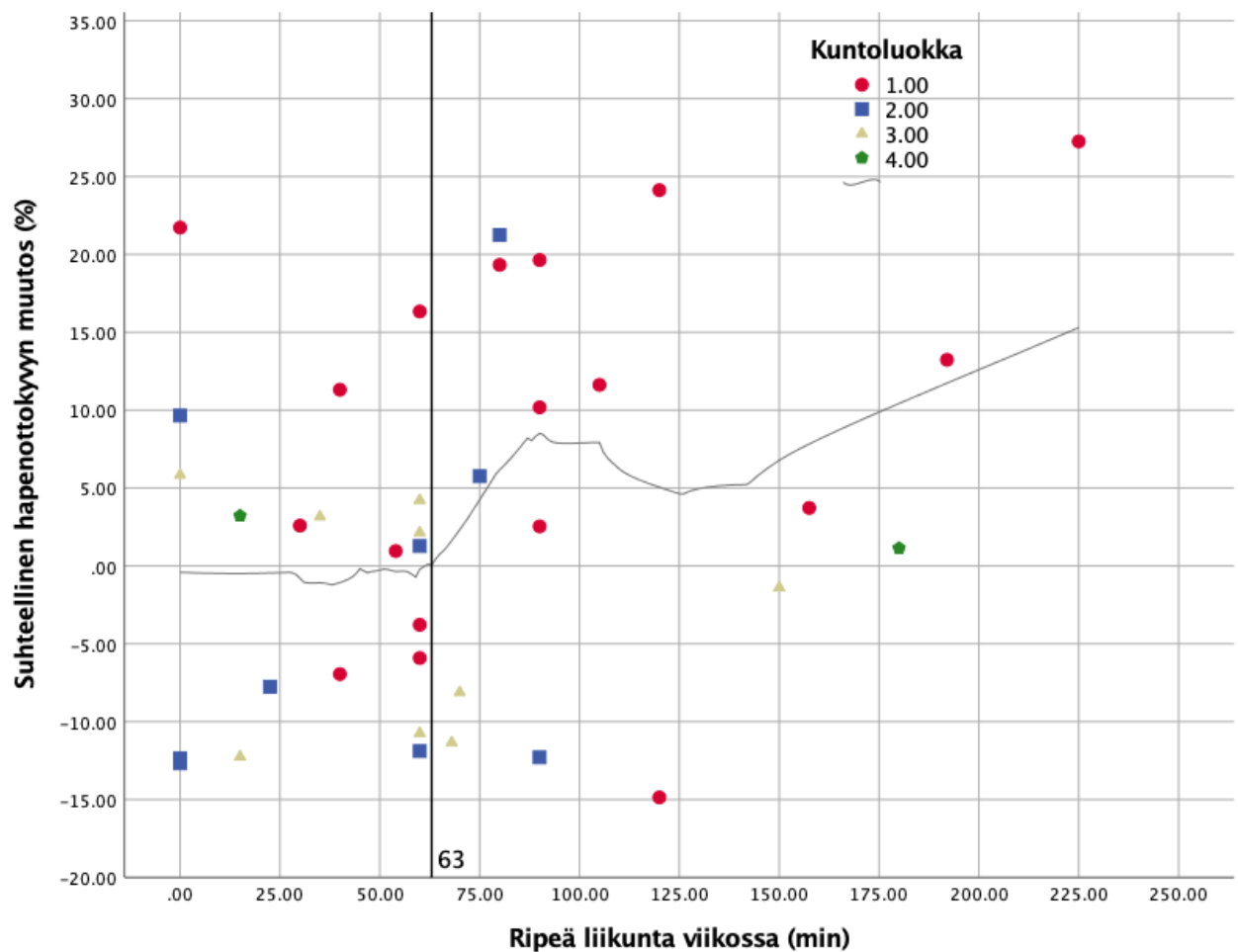
Kuva 5. Ventilaatiokynnysten keskiarvollinen muuttuminen henkilöillä, joilla maksimaalinen hapenottokyky ei ole kehittynyt.

5.3 Hapenottokyvyn muutos suhteessa harjoittelumäärään

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin viikoittaisen liikuntamäärän yhteyttä hapenottokyvyn kehitykseen pistekaavioiden avulla, sekä pyrittiin löytämään tietty liikunnan vähimmäismäärä, jolla hapenottokyvyn kehitys alkaa. Pisteiden sijoittumisessa oli suurta hajontaa, ja vasta graafisen tasoituksen jälkeen saatiin tulkittavissa olevia käyriä. Verkkaisen tai rasittavan liikunnan osalta selvää kehityksen suuntaa määrittävää kohtaa ei ollut, joten analysointiin valikoituivat viikoittaisen kaikentasoisen liikunnan ja viikoittaisen ripeän liikunnan suhde suhteelliseen hapenottokyvyn muutokseen. Tulokset ovat esitettynä kuvissa 6 ja 7.



Kuva 6: Yhteenlasketun viikoittaisen liikunnan suhde prosentuaaliseen hapenottokyvyn nousuun. Koehenkilöiden kuntoluokat ovat näkyvissä.



Kuva 7: Viikoittaisen ripeän liikunnan suhde prosentuaaliseen hapenottokyvyn nousuun. Koehenkilöiden kuntoluokat ovat näkyvissä.

Kuvan kuusi mukaan yhteensä alle 159 minuuttia viikossa liikkuvilla hapenottokyky näyttäisi laskeneen tai pysyneen samana ja enemmän liikkuvilla kehittyneen. 159 minuutin raja hapenottokyvyn muutoksen määrittäjänä oli tilastollisesti merkittävä ($p=0,048$). Kuvasta seitsemän tulkitaan, että hapenottokyvyn nousemiseksi riittäisi myös 63 minuutin viikoittainen ripeä liikunta. Tällä ei kuitenkaan ollut tilastollista merkitsevyyttä ($p=0,393$).

Yhteenlasketun viikoittaisen liikunnan määrän osalta yli 159 minuuttia viikossa liikkuvien ja alle 159 minuuttia viikossa liikkuvien hapenottokyvyn muutoksen vetosuhde oli 4,0 (95% luottamusväli 0,98-16,3). Vaikuttaa siltä, että yli 159 minuuttia viikossa liikkuvilla olisi nelinkertainen todennäköisyys hapenottokyvyn nousulle verrattuna tätä vähemmän liikkuviin.

6 Pohdinta

Pohdinta on esitetty tutkimuskysymyskohtaisesti, jokainen oman otsikkonsa alla. Lopussa on esitettyä koko tutkimuksen perusteella tehdyt johtopäätökset.

6.1 Liikunnanohjauksen syvyyden ja lähtötason vaikutus hapenottokyvyn muutokseen

Yksilöllinen liikuntainterventio on todettu tehokkaammaksi kuin yleisiin suosituksiin perustuva interventio (47), mitä ensimmäisen tutkimuskysymyksen tuloksetkin puoltavat. Kuntoluokkien välisiä eroja hapenottokyvyn kehityksessä pyrittiin selvittämään, jotta nähdään vaikuttaako itsenäisesti toteutettu, mutta yksilöllisyyden asteeltaan alkuohjauksessa eroava liikuntainterventio tuloksiin. Huonokuntoisimmat hyötyvät eniten aerobisesta harjoittelusta (56), sillä lähtötason ollessa heikko on henkilökohtaiseen maksimipotentiaaliin enemmän matkaa kuin omaa maksimipotentiaaliaan jo lähempänä olevilla parempikuntoisilla. Kehittyminen on siis todennäköisempää huonokuntoisemmilla kuin parempikuntoisilla, joilla se vaatii enemmän harjoittelua.

Koko ryhmien osalta tuloksista nähdään, että ainoastaan ryhmässä 3 tapahtui merkittävää hapenottokyvyn kehittymistä ($+3,8\text{ml/kg}\cdot\text{FFM}/\text{min}$). Käytännössä tämä tarkoittaa, että sattumanvaraisesti eri kuntoluokkiin jakautuvat henkilöt tarvitsevat suoran polkupyöraergometritestin perusteella annetut yksilölliset liikuntaohjeet kehittyäkseen vastaavanlaisen liikuntaintervention aikana. Yleisillä liikuntasuosituksilla tai epäsuoraan polkupyöraergometritestiin perustuvilla liikuntasuosituksilla ei saavuteta hapenottokyvyn kehitystä.

Sen sijaan huonoimpaan kuntoluokkaan kuuluneiden henkilöiden hapenottokyky on kehittynyt merkitsevästi lähes yhtä paljon ryhmässä 2 ja 3 (ryhmä 2: $+5,0\text{ml/kg}\cdot\text{FFM}/\text{min}$,

ryhmä 3: $+4,8\text{ml/kg}\cdot\text{FFM}/\text{min}$), mikä tarkoittaa, että alhaisimmalta lähtötasolta lähteville myös epäsuoraan polkupyöraergometritestiin perustuvat liikuntasuositukset riittävät hapenottokyvyn kehitykseen. Tämä mahdollistaa, että perusterveydenhuollossa voitaisiin ohjelmoida edullisesti pelkän epäsuoran ergometritestin perusteella tehokas liikuntainterventio kaikista huonokuntoisimmille. Kallista suoraa polkupyöraergometritestiä ei sen sijaan olisi voinut ottaa käytettäväksi perusterveydenhuollossa. Epäsuoran polkupyöraergometritestin osalta pitäisi vielä selvittää pystyykö se tunnistamaan riittävällä tarkkuudella huonoimpiin kuntoluokkiin kuuluvat henkilöt. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan vain huonoimpaan kuntoluokkaan kuuluvat hyötyisivät epäsuoraan testiin perustuvista liikuntaohjeista, mutta lienee kuitenkin todennäköistä, että myös hieman parempikuntoiset hyötyvät vastaavanlaisesta interventiosta. Näin ollen lievä virhe kuntoluokituksessa ei olisi merkittävää, mutta mikäli epäsuora polkupyöraergometritesti huomattavasti yli- tai aliarvioisi osallistujien suorituskkyä ja luokittelu on merkittävästi liian hyvä tai huono, johtaa se interventiosta saatavan hyödyn vähenemiseen. Pahimmassa tapauksessa osallistujan kunnan merkittävä yliarviointi estää interventioon osallistumisen, koska ajatellaan, että interventiosta ei enää ole hyötyä. Tässä tutkimuksessa kaikkien koehenkilöiden kuntoluokka määriteltiin suoran polkupyöraergometritestin perusteella, jolloin kuvailtuja virheitä ei pääse tapahtumaan.

Kuntoluokkaan 1 kuuluvien hapenottokyky kehittyi merkittävästi koko aineistoa tutkiessa ($+3,6\text{ml/kg}\cdot\text{FFM}/\text{min}$), toisin kuin parempiin kuntoluokkiin kuuluvilla, joilla hapenottokyky keskimääräisesti jopa laski. Myös ryhmissä 2 ja 3 kehitys on ollut huonokuntoisimmilla parempaa verrattuna koko ryhmään. Lisäksi kuvasta kolme nähdään, että tämäntyyppinen liikuntainterventio kehittää nimenomaan vain kaikkein heikoimmassa kunnossa (kuntoluokka 1) olevien hapenottokykyä.

Myös intervention aikana tapahtuneet kuntoluokkien muutokset (taulukko 5) puhuvat sen puolesta, että vastaavanlainen interventio on tehokas vain kaikista heikkokuntoisimmilla: lähes puolet nousivat huonoimmasta kuntoluokasta parempaan, kun taas jo kuntoluokassa 2 tippuminen alempaan kuntoluokkaan oli todennäköisempää kuin nousu seuraavaan. Kaikkein huonokuntoisimpien osalta tällainen positiivinen

kehitys on merkittävää, etenkin kun huomioidaan intervention kesto, joka tässä tapauksessa oli vain kolme kuukautta.

Hapenottokyvyn nousuun vaikuttaa myös kehonkoostumuksen muuttuminen. Keskimäärin koehenkilöt laihtuivat intervention aikana 1,2kg ja 1,2% alkuperäisestä painostaan, mikä aiheuttaa pientä lisänousua koko painoon suhteutetun hapenottokyvyn kehitykseen. Taulukossa 4 käsitellään hapenottokykyä ja painoa kuvaavien muuttujien prosentuaalisia muutoksia tarkemmin. Rasvattoman painon muutos koehenkilöillä oli vähäisempää ja huomattavasti hajanaisempaa, sillä osalla FFM paino nousi ja osalla laski. Tällä ei näyttänyt kuitenkaan olevan vaikutusta hapenottokyvyn muutoksiin. Painossa tai rasvattomassa painossa tapahtuneet muutokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä, joten niistä aiheutuva virhe tuloksiin on hyvin pieni. Koehenkilöiden hapenottokyky on siis kehittynyt aidosti hapen jakelussa ja käytössä tapahtuneiden muutosten myötä.

Ryhmiä välillä koehenkilöiden jakautumisessa eri kuntoluokkiin oli eroja, mikä voi aiheuttaa virhelähteen tutkimukseen. Ryhmä 2 oli jo valmiiksi hyväkuntoisempi verrattuna muihin ryhmiin, mistä voi aiheutua ryhmän hitaampi kehitys ja sitä kautta tulkinta epäsuoran testin tehottomuudesta ryhmäkohtaisessa analyysissä. Vastaavasti ryhmässä 3 oli enemmän huonokuntoisia, mikä voi johtaa nopeampaan hapenottokyvyn kehitykseen ja suoran testin tehon yliarviointiin. Toisin sanoen on siis myös mahdollista, että epäsuora ja suora testi ovatkin yhtä hyviä myös koko ryhmien tasolla. Virhelähteen voisi eliminoida tekemällä ryhmistä samanlaiset kuntojakautuman suhteen.

Kun eri kuntoluokkien kehitystä tutkittiin ryhmän sisällä, analyysin suurimmaksi heikkoudeksi muodostui tiettyyn kuntoluokkaan kuuluvien henkilöiden pieni määrä eli otoskoko (taulukko 2), mikä antoi sattumalle enemmän roolia. Ryhmittäin tehdyssä analyysissä kuntoluokkien välisiin eroihin hapenottokyvyn kehityksessä pitää siis suhtautua tietyllä kriittisyydellä. Toisaalta tutkimuksessa on kuitenkin runsaasti näyttöä siitä, että huonompikuntoiset kehittyvät paremmin kuin hyväkuntoiset, mikä puoltaa myös ryhmän sisällä tehtyjen analyysien luotettavuutta. Tarkempien ryhmäkohtaisten tulosten saamiseksi tutkimus pitäisi toteuttaa suuremmalla aineistolla.

6.2 Ventilaatiokynnysten kehittyminen suhteessa intervention syvyyteen ja hapenottokyvyn muutokseen

Ventilaatiokynnykset kuvaavat henkilön rasituksensietoa ja ne kehittyvät harjoittelun aikana (29), minkä tämänkin tutkimuksen toisen tutkimuskysymyksen tulokset osoittavat. Molemmat ventilaatiokynnykset kehittyivät koko aineistossa ja kaikissa ryhmissä erikseen, joskin tilastollisesti merkitsevää kehitys oli kuitenkin vain koko aineistossa ja ryhmässä 3. Tuloksissa oli viitteitä siitä, että mitä yksilöllisempää liikunnanohjaus on, sitä paremmin myös ventilaatiokynnykset kehittyvät

Vaikuttaa siltä, että kolmen kuukauden liikuntainterventio nostaa molempia ventilaatiokynnyksiä ohjauksen syvyydestä riippumatta tutkimuksessa mukana olleiden kaltaisilla heikkokuntoisilla henkilöillä. Varma ja tehokkain vaikutus saadaan luomalla osallistujalle yksilöllinen liikuntasuunnitelma suoran polkupyöraergometritestin perusteella, mitä taas toisaalta ei voi resurssisyistä toteuttaa perusterveydenhuollossa. Tulosten merkitsevyyttä vähentävät suuret ventilaatiokynnysten kehityksen erot ryhmien sisällä. Syvyyden vaikutuksen esiinsaamiseksi selvemmin tutkimuksessa pitäisi olla suurempi aineisto ja kaikkien ryhmien kuntojakaumien pitäisi olla identtisiä virhelähteen minimoimiseksi samaan tapaan kuin tutkimuskysymyksessä 1. Tällä tavoin olisi mahdollisuus analysoida epäsuoraan testiin pohjautuvien liikuntasuosituksen vaikuttavuutta tarkemmin.

Maksimaalisen hapenottokyvyn laskiessa ventilaatiokynnykset myös keskimääräisesti laskivat ja maksimaalisen hapenottokyvyn kehitys korreloi merkittävästi ventilaatiokynnyksien kehittymiseen. Aineistossa oli kuitenkin henkilöitä, joilla maksimaalinen hapenottokyky oli pysynyt samana tai laskenut, mutta ventilaatiokynnykset siitä huolimatta nousseet tai pysyneet samana. Kirjallisuudestakin löytyy erityisesti urheilijoilla tehtyjä tutkimuksia (29,34,57), joiden mukaan harjoittelun lisääntyessä $VO_2\text{max}$ voi pysyä samana mutta ventilaatiokynnykset kehittyvät.

Maksimaalisen hapenottokyvyn nousu siis näyttäisi vaikuttavan positiivisesti ventilaatiokynnysten kehittymiseen, mutta ei ole sen edellytys. Tämän tutkimuksen vahva yhteys maksimaalisen hapenottokyvyn kehityksen ja ventilaatiokynnysten kehittymisen välillä johtunee koehenkilöiden erittäin heikosta lähtötasosta, mikä tekee $VO_2\text{max}$:n kehityksen nopeammaksi ja helpommaksi (56). Vastaavaa yhteyttä ei ole kuitenkaan urheilijoilla, joilla $VO_2\text{max}$ on jo valmiiksi korkea ja siten vaikeammin kehittyvä. Näyttäisi siltä, että mitä alemmalta lähtötasolta harjoittelu aloitetaan, sitä vahvemmin $VO_2\text{max}$:n ja ventilaatiokynnysten kehitys ovat yhteydessä.

Osalla tutkittavista toteutunut harjoittelun määrä on todennäköisesti jäänyt hyvin vähäiseksi, mikä on varmasti osittain vastuussa maksimaalisen hapenottokyvyn ja ventilaatiokynnysten laskusta. Osalla harjoittelu on saattanut olla liian vähäistä hapenottokyvyn parantumisen kannalta, mutta riittävää kehittämään ventilaatiokynnyksiä. Tarkemman tiedon saamiseksi seuraavissa tutkimuksissa tulisi tarkastella hapenottokyvyn ja ventilaatiokynnysten kehittymisen yhteyttä yhdessä harjoitusmäärän kanssa, jolloin selviäisi onko määriteltävissä tiettyjä harjoittelumääriä, joilla suorituskykyä kuvaavat arvot alkavat muuttumaan.

6.3 Hapenottokyvyn muutos suhteessa harjoittelumäärään

Kolmannen tutkimuskysymyksen tulosten mukaan 159 minuutin yhteenlaskettu viikoittainen liikuntamäärä vaikuttaisi olevan merkittävä hapenottokyvyn muutoksen suunnan määrittäjä: tätä enemmän liikkuvilla hapenottokyky näyttäisi nousevan neljä kertaa todennäköisemmin kuin vähemmän liikkuvilla. Tulos on linjassa liikunnan Käypä hoito -suosituksen kanssa (58), jonka mukaan kestävyysliikuntaa, kuten reipasta kävelyä, tulisi viikon aikana harjoittaa ainakin 150 minuuttia. Hapenottokyky ja kunto muutenkin alkavat kehittymään jo melko pienillä harjoitusmäärillä, etenkin kun lukuihin sisältyy myös päivittäinen hyötyliikunta. Intervention aloittavia voidaan siis hyvin motivoida kertomalla, ettei kunnon parantaminen vaadi erittäin suuria liikuntamääriä. Lukuja voidaan myös käyttää hyvin konkretisoimaan liikuntamäärien tavoitteita; jo puoli tuntia viitenä päivänä viikossa alkaa parantamaan kuntoa.

Tutkimuksissa, joissa koehenkilöt itse ilmoittavat harjoittelumääränsä, on huomattu esiintyvän yliportointia (54). Tässä tutkimuksessa harjoittelumäärät on laskettu esitietolomakkeesta, jonka tarkoitus on arvioida tutkittavan terveydentila ja soveltuvuus kuntotestejä varten. Oletettavasti yliportointia esiintyy silloin vähemmän, sillä omaa terveyttä ei haluta riskeerata ilmoittamalla todellisuutta suurempia harjoittelumääriä, jotka mahdollisesti vaikuttavat lääkärin arvioon soveltuvuudesta. Esitietolomakkeen harjoitusmäärien luotettavuutta sen sijaan vähentää se, että ne olivat vain keskimääräisiä arvioita viimeisen kolmen kuukauden ajalta. Objektiiivinen aktiivisuusmittareilla kerätty harjoitusdata olisi tarkempaa ja virheettömämpää, jolloin siitä voitaisiin tehdä luotettavampia johtopäätöksiä.

Tutkimuksen pienehkön aineistokoon takia analyysia liikuntamäärien suhteesta hapenottokyvyn kehitykseen ei ollut mahdollista toteuttaa ryhmäkohtaisesti, joten liikunnanohjauksen syvyyden vaikutus ei tule tuloksissa ilmi. On otettava huomioon, että tulokset ovat yhdistelmä yleisillä liikuntasuosituksilla, sekä epäsuoraan tai suoraan polkupyöräergometritestiin pohjautuvilla yksilöllisillä liikuntasuosituksilla intervention suorittaneiden koehenkilöiden kehityksestä. Seuraavissa tutkimuksissa olisi mielenkiintoista selvittää, onko yksilöllistä liikunnanohjausta saavissa ryhmissä hapenottokyvyn kehitystä määrittävä raja alle 159 minuuttia viikossa ja vastaavasti vaaditaanko pelkät yleiset liikuntasuositukset saavilta koehenkilöiltä vielä enemmän liikuntaa.

6.4 Johtopäätökset

Kolme kuukautta kestävä itsenäisesti terveysteknologia-avusteisesti toteutettu yksilöllinen liikuntainterventio vaikuttaisi olevan tehokas vain kaikista huonokuntoisimmilla, eli intervention alussa kuntoluokkaan 1 kuuluvilla henkilöillä. Pelkillä yleisillä liikuntasuosituksilla tehokkaaseen interventioon ei kuitenkaan päästä. Tehokas interventio vaatii koehenkilön suorituskyvyn arvioimisen vähintään epäsuoralla polkupyöräergometritestillä, jonka perusteella luodaan yksilölliset liikuntaohjeet.

Käyttämällä tarkempaa suoraa polkupyöraergometritestiä voidaan intervention vaikuttavuutta ylettää paremmin myös seuraaviin kuntoluokkiin.

Myös ventilaatiokynnykset kehittyvät merkittävästi intervention aikana. Eroja yleisten liikuntasuosittelujen ja epäsuoraan polkupyöraergometritestiin perustuvien liikuntasuosittelujen tehokkuudessa ei voitu osoittaa. Suora polkupyöraergometritesti osoittautui tehokkaimmaksi, mikä kuitenkin on perusterveydenhuoltoon jalkautettavan intervention kannalta vaikeasti toteutettavissa kustannus- ja resurssisyydestä. Hapenottokyvyn nousu näyttäisi tukevan myös ventilaatiokynnyksien nousua, mutta ei kuitenkaan ole sen edellytys.

Hapenottokyvyn kehitys vaikuttaisi olevan neljä kertaa todennäköisempää henkilöillä, jotka liikkuvat vähintään 159 minuuttia viikossa. Liikunta voi olla intensiteettitasoltaan mitä tahansa ja mukaan lasketaan myös hyötyliikunta. Yhteenvetona koko tutkimuksesta voidaan todeta, että jo kolmen kuukauden mittainen yksilöllisesti toteutettu terveysteknologia-avusteinen liikuntainterventio riittää kehittämään merkittävästi kuntoa heikkokuntoisilla henkilöillä.

Lähdeluettelo

(1) Lihavuus - Elintavat ja ravitsemus - THL. Saatavilla internetissä:

<https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/lihavuus>. Viitattu 3.7.2019.

(2) Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. Lancet 2017 Dec 16,;390(10113):2627-2642.

(3) Lee I-, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. Lancet 2012 Jul 21,;380(9838):219-229.

(4) Sydän ja verisuonitautien yleisyys - THL. Saatavilla

internetissä: <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/sydan-ja-verisuonitaudit/sydan-ja-verisuonitautien-yleisyys>. Viitattu 3.7.2019.

(5) Blair SN, Kampert JB, Kohl HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al.

Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. JAMA 1996 Jul 17;;276(3):205-210.

(6) Harber MP, Kaminsky LA, Arena R, Blair SN, Franklin BA, Myers J, et al. Impact of

Cardiorespiratory Fitness on All-Cause and Disease-Specific Mortality: Advances Since 2009. Progress in Cardiovascular Diseases 2017 July 1;;60(1):11-20.

(7) Ruegsegger GN, Booth FW. Health Benefits of Exercise. Cold Spring Harb Perspect

Med 2018 07/01/;;8(7):a029694.

(8) Eddolls WTB, McNarry MA, Lester L, Winn CON, Stratton G, Mackintosh KA. The

association between physical activity, fitness and body mass index on mental well-being and quality of life in adolescents. Qual Life Res 2018 Sep;27(9):2313-2320.

(9) Williams PT. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a

meta-analysis. Med Sci Sports Exerc 2001 May;33(5):754-761.

(10) Perk J, De Backer G, Gohlke H, Graham I, Reiner Z, Verschuren M, et al. European

Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). Eur Heart J 2012 Jul;33(13):1635-1701.

(11) Nocon M, Hiemann T, Müller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN.

Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2008 Jun;15(3):239-246.

(12) Pate RR, Dowda M. Raising an Active and Healthy Generation: A Comprehensive

Public Health Initiative. Exerc Sport Sci Rev 2019 01;47(1):3-14.

- (13) Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet* 2012 Jul 21;;380(9838):247-257.
- (14) Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Med* 2015 Oct;45(10):1469-1481.
- (15) Wagner PD. Modeling O₂ transport as an integrated system limiting (.)V(O₂MAX). *Comput Methods Programs Biomed* 2011 Feb;101(2):109-114.
- (16) Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered Respiratory Physiology in Obesity. *Canadian Respiratory Journal* 2006;13(4):203-210.
- (17) West JB. Respiratory physiology: the essentials. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
- (18) Dempsey JA, Wagner PD. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999 Dec;87(6):1997-2006.
- (19) Calbet JAL, Lundby C. Air to muscle O₂ delivery during exercise at altitude. *High Alt Med Biol* 2009;10(2):123-134.
- (20) Schmidt W, Prommer N. Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev* 2010 Apr;38(2):68-75.
- (21) Walter Boron, Emile Boulpaep. *Medical Physiology*, 2e Updated Edition. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012.
- (22) Farrell e), Peter A, Joyner e), Michael J, Caiozzo e), Vincent J, American College of Sports Medicine, issuing body. *ACSM's advanced exercise physiology*. Second edition ed.: Philadelphia : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
- (23) Vella CA, Robergs RA. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects. *Br J Sports Med* 2005 Apr;39(4):190-195.

- (24) Limberg JK, Morgan BJ, Schrage WG. Peripheral Blood Flow Regulation in Human Obesity and Metabolic Syndrome. *Exerc Sport Sci Rev* 2016 -7;44(3):116-122.
- (25) Rissanen AE, Koskela-Koivisto T, Hägglund H, Koponen AS, Aho JM, Pöyhönen-Alho M, et al. Altered cardiorespiratory response to exercise in overweight and obese women with polycystic ovary syndrome. *Physiological Reports* 2016;4(4):e12719.
- (26) Berger NJA, Jones AM. Pulmonary O₂ uptake on-kinetics in sprint- and endurance-trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007 Jun;32(3):383-393.
- (27) Duodecim KO. Maksimaalinen hapenottokyky kestävyyskunnan mittarina. Saatavilla internetissä: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01038. Viitattu 9.7.2019.
- (28) Krachler B, Savonen K, Komulainen P, Hassinen M, Lakka TA, Rauramaa R. Cardiopulmonary fitness is a function of lean mass, not total body weight: The DR's EXTRA study. *Eur J Prev Cardiol* 2015 Sep;22(9):1171-1179.
- (29) Meyer T, Lucía A, Earnest CP, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *Int J Sports Med* 2005 Feb;26 Suppl 1:38.
- (30) Wagner PD. New ideas on limitations to VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev* 2000 Jan;28(1):10-14.
- (31) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986 Jun;60(6):2020-2027.
- (32) Jones NL. Hydrogen ion balance during exercise. *Clin Sci* 1980 Aug;59(2):85-91.
- (33) Hydren JR, Cohen BS. Current Scientific Evidence for a Polarized Cardiovascular Endurance Training Model. *J Strength Cond Res* 2015 Dec;29(12):3523-3530.
- (34) Edwards AM, Clark N, Macfadyen AM. Lactate and Ventilatory Thresholds Reflect the Training Status of Professional Soccer Players Where Maximum Aerobic Power is Unchanged. *J Sports Sci Med* 2003 -3-01;2(1):23-29.

(35) Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985 Mar-Apr;100(2):126-131.

(36) U.S. Department of Health and Human Services. *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.

(37) Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 2000 Jun;29(6):373-386.

(38) Cao M, Quan M, Zhuang J. Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2019 04 30;;16(9).

(39) Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2014 Feb;44(2):269-279.

(40) Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014 /08/01;48(16):1227-1234.

(41) Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2015 May;45(5):679-692.

(42) Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med* 2017 /03/01;51(6):494-503.

(43) Reljic D, Lampe D, Wolf F, Zopf Y, Herrmann HJ, Fischer J. Prevalence and predictors of dropout from high-intensity interval training in sedentary individuals: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2019;29(9):1288-1304.

(44) She J, Nakamura H, Makino K, Ohyama Y, Hashimoto H. Selection of suitable maximum-heart-rate formulas for use with Karvonen formula to calculate exercise intensity. *International Journal of Automation and Computing* 2014 February 1;;12:62-69.

(45) Gormley SE, Swain DP, High R, Spina RJ, Dowling EA, Kotipalli US, et al. Effect of intensity of aerobic training on VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Jul;40(7):1336-1343.

(46) Swain DP, Leutholtz BC. Heart rate reserve is equivalent to %VO₂ reserve, not to %VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 1997 Mar;29(3):410-414.

(47) Ghanvatkar S, Kankanhalli A, Rajan V. User Models for Personalized Physical Activity Interventions: Scoping Review. *JMIR mHealth and uHealth* 2019;7(1):e11098.

(48) Michie S, Richardson M, Johnston M, Abraham C, Francis J, Hardeman W, et al. The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Ann Behav Med* 2013 Aug;46(1):81-95.

(49) Lewis ZH, Lyons EJ, Jarvis JM, Baillargeon J. Using an electronic activity monitor system as an intervention modality: A systematic review. *BMC Public Health* 2015 Jun 24;;15:585.

(50) Lee AM, Chavez S, Bian J, Thompson LA, Gurka MJ, Williamson VG, et al. Efficacy and Effectiveness of Mobile Health Technologies for Facilitating Physical Activity in Adolescents: Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019 02 12;;7(2):e11847.

(51) Schoeppe S, Alley S, Van Lippevelde W, Bray NA, Williams SL, Duncan MJ, et al. Efficacy of interventions that use apps to improve diet, physical activity and sedentary behaviour: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2016 Dec 07;;13(1):127.

(52) Kaakinen P, Kyngäs H, Kääriäinen M. Technology-based counseling in the management of weight and lifestyles of obese or overweight children and adolescents: A descriptive systematic literature review. *Inform Health Soc Care* 2018 Mar;43(2):126-141.

- (53) Cheatham SW, Stull KR, Fantigrassi M, Motel I. The efficacy of wearable activity tracking technology as part of a weight loss program: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness* 2018 Apr;58(4):534-548.
- (54) Rzewnicki R, Vanden Auweele Y, De Bourdeaudhuij I. Addressing overreporting on the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) telephone survey with a population sample. *Public Health Nutr* 2003 May;6(3):299-305.
- (55) Lentferink AJ, Oldenhuis HK, Groot Md, Polstra L, Velthuijsen H, Gemert-Pijnen JEv. Key Components in eHealth Interventions Combining Self-Tracking and Persuasive eCoaching to Promote a Healthier Lifestyle: A Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research* 2017;19(8):e277.
- (56) Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med* 2014 Jul;44(7):1005-1017.
- (57) Acevedo EO, Goldfarb AH. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Oct;21(5):563-568.
- (58) Liikunta. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2016. Saatavilla internetissä: www.kaypahoito.fi. Viitattu 15.3.2020.